

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Camila Sampaio dos Reis

**METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE
EQUIPAMENTOS MÉDICO-ASSISTENCIAIS NA FASE DE
UTILIZAÇÃO**

Florianópolis
2014.

Camila Sampaio dos Reis

**METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE
EQUIPAMENTOS MÉDICO-ASSISTENCIAIS NA FASE DE
UTILIZAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Renato Garcia
Ojeda.

Florianópolis
2014.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Reis, Camila Sampaio dos
Análise de Confiabilidade de Equipamentos Médico-
Assistenciais na Fase de Utilização / Camila Sampaio dos
Reis ; orientador, Renato Garcia Ojeda - Florianópolis, SC,
2014.

148 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica.

Inclui referências

1. Engenharia Elétrica. 2. Engenharia Clínica. 3.
Equipamento Médico-Assistencial. 4. Confiabilidade. 5.
Tomada de Decisão. I. Garcia Ojeda, Renato. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

Camila Sampaio dos Reis

**METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE
EQUIPAMENTOS MÉDICO-ASSISTENCIAIS NA FASE DE
UTILIZAÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 18 de fevereiro de 2014.

Prof. Patrick Kuo-Peng, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, Dr^a.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Sérgio Santos Mühlen, Dr.

Universidade Estadual de Campinas

Este trabalho é dedicado a
minha família pelo apoio, incentivo e
confiança. Sem eles nada disso seria
possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus pelas oportunidades concedidas, com ele, tudo é possível.

Ao Josué por fazer parte da minha vida e por compartilhar de momentos importantes.

Aos meus pais que sempre estiveram presentes nesta longa jornada para que mais um sonho se realizasse e a minha irmã Sabrina que sempre esteve me apoiando.

Ao meu orientador por acreditar em mim, pelos seus ensinamentos e cobranças, e principalmente, por ter contribuído no meu crescimento profissional. Aos professores do IEB-UFSC pelo convívio e aprendizagem, uma experiência enriquecedora.

As equipes de engenharia clínica do IEB-UFSC e dos demais hospitais envolvidos nesta pesquisa que sempre foram muito prestativos.

Aos colegas de mestrado e doutorado que sempre se fizeram presentes em momentos difíceis, e que estiveram me motivando.

Com vocês divido a alegria e a conquista deste título! Muito obrigada.

RESUMO

As ações e tendências da Engenharia Clínica (EC) são fortemente influenciadas pelo processo tecnológico em saúde. Por meio da gestão da tecnologia médico-hospitalar a EC pode contribuir com metodologias para todas as fases do ciclo de vida das tecnologias. No propósito de atender às variações do ciclo de vida foi elaborada uma metodologia para o gerenciamento de equipamentos médico-assistenciais (EMAs) em fase de utilização. Esta proposta está fundamentada em um modelo estrutural para analisar a confiabilidade de EMAs. O modelo constitui-se de três módulos: coleta dos dados, análise estatística e apoio à tomada de decisão. Para demonstrar a aplicação da metodologia elaborada, um estudo de caso foi realizado em sete estabelecimentos assistenciais à saúde. Este estudo foi direcionado à aplicação de um questionário para avaliar as condições de uso e de gerenciamento dos EMAs, na perspectiva dos atores em saúde, e a implementação do modelo estrutural. Como síntese das evidências operacionais, o estudo de caso contribuiu na identificação de treinamentos periódicos aos atores em saúde e na necessidade de padronização das informações em nível assistencial. A utilização de modelos de probabilidade sob o enfoque paramétrico mostrou-se adequado para compreender o intervalo e a política de manutenção mais adequada ao comportamento das taxas de falha de cada equipamento, em que a distribuição Weibull comprovou ser adequada a diversas situações práticas. O modelo proposto caracteriza-se numa ferramenta prática e objetiva para apoiar a tomada de decisão dos gestores em saúde, fornecendo múltiplos indicadores de confiabilidade e de desempenho ao processo tecnológico que, em conjunto, contribuem para o aumento da confiabilidade, disponibilidade e redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Confiabilidade, Engenharia Clínica, Equipamento Médico-Assistencial, Tomada de Decisão.

ABSTRACT

Actions and trends of Clinical Engineering (CE) are strongly influenced by the technological process in health. Through of health technology management the CE can contribute with methodologies for all phases of life cycle of the technologies. In order to meet changes in the lifecycle, it has been created a model for medical equipment management in the use phase. This proposal is based on a structural model to analyze the reliability of medical equipments. The model consists of three modules: data collection, statistical analysis and support in decision making. To test the application of the methodology, a case study was performed in seven establishment assistencial the health. This study was focused to the application of a survey to assess the management and use conditions of medical equipment from the point of view of healthcare professionals, and the implementation of structural model. As a synthesis of operational evidence, a case study contributed in identification of periodical training of healthcare professionals and the necessity of standardization on assistance level. The use of probability models under the parametric approach are capable to understand the interval and the most appropriate maintenance policy to behavior of failures rates of each medical equipment, where the Weibull distribution proved to be suitable for many practical situations. The proposed model is characterized in a practical and objective tool to support decision making of health managers by providing multiple indicators of reliability and performance of the technological processes, which contribute to increase reliability, availability, and reduce operating costs.

Keywords: Reliability, Clinical Engineering, Medical Equipment, Decision Making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Qualidade do processo tecnológico sustentada por três pilares: infraestrutura adequada, recursos humanos capacitados e qualificados e tecnologia dimensionada e incorporada adequadamente.....	21
Figura 2 - Ciclo de vida das tecnologias em saúde (intensidade de uso de uma tecnologia em saúde em função do tempo).	23
Figura 3 - Representação da Curva da Banheira.	28
Figura 4 - Dados Agrupados.	30
Figura 5 - Dados Suspensos.	31
Figura 6 - Dados Completos.....	32
Figura 7 - Função de Probabilidade Acumulada $F(t)$	34
Figura 8 - Função de confiabilidade $R(t)$	35
Figura 9 - Efeito do parâmetro σT e T' na função densidade de probabilidade lognormal.	39
Figura 10 – Efeito do parâmetro λ na função distribuição de probabilidade exponencial.....	40
Figura 11 - (a) Efeito do parâmetro de forma β na função densidade de probabilidade Weibull (b) Efeito do parâmetro de escala η na função densidade de probabilidade Weibull.	42
Figura 12 - Curvas de taxa de falha instantânea para diferentes valores do parâmetro β	42
Figura 13 - Método dos Mínimos Quadrados.....	45
Figura 14 - Modelo estrutural de gerenciamento de tecnologias para obter indicadores de confiabilidade e de desempenho de EMA em estruturas de EC.	48
Figura 15 – Levantamento de manutenções corretivas.	54
Figura 16 - Identificação dos EAS e seus respectivos EMAs.	56
Figura 17 – Classificação das falhas.	64
Figura 18 – Comparativo entre distribuições para VTP.....	67
Figura 19 – Comparativo entre distribuições para bombas de infusão..	68
Figura 20 – Teste de aderência com os dados agrupados para VTP.	69
Figura 21 – Teste de aderência com os dados agrupados para BIF.....	69
Figura 22 – Gráfico de confiabilidade para os VTP da Marca A_Modelo A2.....	73
Figura 23 – Gráfico da taxa de falha para os VTP da Marca A_Modelo A2.....	73
Figura 24 – Gráfico da função densidade de probabilidade para os VTP da Marca A_Modelo A2.....	74
Figura 25 – <i>MTBF</i> para VTP.....	79
Figura 26 – <i>MTTF</i> para VTP.....	79

Figura 27 – *MTBF* para BIF..... 80

Figura 28 – *MTTF* para BIF..... 80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistema de classificação de risco para equipamentos proposto pelo ECRI (1995).	19
Quadro 2 - Levantamento da população do estudo.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de significância para as análises individuais.....	61
Tabela 2 – Nível de significância para as análises em grupo.	62
Tabela 3 – Nível de significância para gravidade do dano.....	62
Tabela 4 - Identificação das consequências das falhas no processo de utilização dos EMAs em estudo.	63
Tabela 5 – Percentuais de falhas dos VTP.	65
Tabela 6 – Percentuais de falhas das BIF.	65
Tabela 7 – Levantamento de parâmetros de confiabilidade para VTP considerando observações em grupo.	71
Tabela 8 – Levantamento de parâmetros de confiabilidade para BIF considerando observações em grupo.	72
Tabela 9 – Comparação entre marcas e modelos no EAS H1.	76
Tabela 10 – Comparação entre marcas e modelos no EAS H4.	76
Tabela 11 – Comparação entre equipamentos da marca A no EAS H4.	77
Tabela 12 – Comparação entre equipamentos da marca A e B no EAS H4.....	77
Tabela 13 – Comparação entre marcas e modelos equipamentos no EAS H6.....	78
Tabela 14 – Classificação da disponibilidade dos EMAs.....	81

LISTA DE ABREVIACÕES

ABIMO – Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos e de Laboratórios
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCE – *American College of Clinical Engineering*
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BIF – Bomba de Infusão de Seringa
CC – Centro Cirúrgico
CNS – Conselho Nacional de Saúde
EC – Engenharia Clínica
EEC – Estrutura de Engenharia Clínica
ECRI - *Emergency Care Research Institute*
EAS – Estabelecimento Assistencial à Saúde
EMA – Equipamento Médico-Assistencial
EMH – Equipamento Médico-Hospitalar
FDA – *United States Food and Drug Administration*
FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos
GTMH – Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar
gTMH – Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar
IEB-UFSC – Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina
MC – Manutenção Corretiva
MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade
MP- Manutenção Preventiva
MPd – Manutenção Preditiva
MS – Ministério da Saúde
MTBF – *Mean Time Between Failures*
MTTR – *Mean Time To Repair*
OS – Ordem de Serviço
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
SES/SC – Secretaria Estadual de Saúde de Santa Catarina
SPSS – *Statistical Package for Social Sciences*
TMH – Tecnologia Médico-Hospitalar
UTI – Unidade de Tratamento Intensivo
VTP – Ventilador Pulmonar
WHO – *World Health Organization*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS	17
2.2	PERFIL DA ENGENHARIA CLÍNICA.....	20
2.2.1	Gestão e Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar	21
2.2.2	Ciclo de Vida das Tecnologias Médico-Hospitalares	22
2.2.3	Manutenção de Equipamentos Médicos	23
2.2.4	Risco em Tecnologia Médico-Hospitalar	26
2.3	CONCEITO DE FALHA	27
2.3.1	Características de Falhas.....	27
2.3.2	Classificação e Registros de Falhas	29
2.4	NOÇÕES DE CONFIABILIDADE.....	32
2.4.1	Sistemas Série e Paralelo	33
2.4.2	Análise de Confiabilidade.....	34
2.4.3	Distribuições de Probabilidade Aplicadas à Confiabilidade	37
2.4.4	Teste do Ajuste da Distribuição.....	43
2.4.5	Métodos para Estimativa de Parâmetros de Tempos de Falha	44
3	METODOLOGIA	47
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	47
3.2	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	47
3.2.1	Módulo I: Aquisição dos Dados	48
3.2.2	Módulo II: Análise Estatística	50
3.2.3	Módulo III: Apoio à Tomada de Decisão	52
4	ESTUDO DE CASO.....	53
4.1	DEFINIÇÃO DO SETOR.....	53
4.2	DEFINIÇÃO DOS EMAS.....	54
4.3	TAMANHO DA AMOSTRA	55
4.4	ASPECTOS ÉTICOS.....	56

4.5	VALIDAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	57
4.5.1	Instrumento de Avaliação	57
5	RESULTADOS.....	61
5.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	61
5.2	MODELO ESTRUTURAL.....	64
5.2.1	Caracterização das Falhas.....	64
5.2.2	Caracterização dos Defeitos.....	66
5.2.3	Teste de Aderência.....	66
5.2.4	Análise dos Indicadores de Confiabilidade.....	70
5.3	ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO ..	79
6	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	83
7	TRABALHOS FUTUROS.....	87
8	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A: INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO VTP.....	103
	APÊNDICE B: INSTRUMENTO DE PESQUISA BIF	105
	APÊNDICE C: INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO ÀS EECS	107
	APÊNDICE D: ANÁLISE ESTATÍSTICA COM O <i>SOFTWARE</i> WEIBULL	111

1 INTRODUÇÃO

Visando aprimorar o custo/benefício, a segurança e a confiabilidade das tecnologias nos sistemas de saúde, surge uma área da Engenharia Biomédica, focada na gestão e gerenciamento desta tecnologia. Esta área denominada engenharia clínica (EC) têm por objetivo incorporar parâmetros de qualidade em todas as fases do ciclo de vida da tecnologia (ZAMBUTO, 2004; MORAES, 2007; SANTOS, 2009).

Com relação aos desafios enfrentados no âmbito hospitalar ao direcionamento adequado de seus recursos, está a correta e eficiente utilização dos equipamentos médico-assistenciais (EMAs). O que se espera é que o produto atenda às especificações técnicas para o qual foi projetado: que seja seguro, eficiente e confiável. Para atender essa necessidade, é preciso maximizar a eficiência de todo o processo operacional, ao qual o gerenciamento de tecnologias constitui um instrumento essencial à organização e estruturação dos estabelecimentos assistenciais à saúde (EAS) (BRASIL, 2010a).

Logo, existe a necessidade de gerar informações e indicadores do processo tecnológico. A análise de dados é um dos aspectos chave, sendo o histórico dos EMAs atualizado através de ordens de serviços (CLARK, 2004; SANTOS, 2009). O uso de indicadores que estão relacionados ao ciclo de vida dos EMAs permite aos gestores de saúde tomarem decisões baseadas na real necessidade e situação do EAS (BRASIL, 2009a).

Frente a essas particularidades e necessidades, a análise de confiabilidade para EMAs constitui um atributo importante em um sistema de saúde, visto que o ambiente hospitalar apresenta especificidades únicas se comparado a outros ambientes. Falhas em um ambiente hospitalar e mau funcionamento com equipamentos médicos devem ser evitados, pois estes episódios podem ser considerados tão perigosos quanto a própria doença, podendo implicar em danos ao paciente (MARTINI, 2005; BRASIL, 2009b).

Através de estimativa é possível caracterizar parâmetros de falhas de um componente, equipamento ou sistema, levando em conta as diferentes necessidades clínicas. Conforme Akao (1990), os principais itens de confiabilidade são três: (1) durabilidade, relacionada à vida útil do produto; (2) segurança, e (3) manutenção.

Neste contexto, o presente trabalho de pesquisa faz uso de parâmetros de falhas de EMAs para gerar indicadores de confiabilidade. Ao mesmo tempo, é possível avaliar as condições de uso dos equipamentos, e consequentemente, é possível direcionar ações de manutenção através das características das falhas dos equipamentos, proporcionando melhoria na qualidade dos serviços de saúde e gerando condições para que a EC consolide a sua integração diante do processo tecnológico em saúde.

1.1 OBJETIVOS

Desenvolver uma metodologia utilizando distribuições de probabilidades, sob o enfoque paramétrico na análise de falhas e abordagem da manutenção centrada em confiabilidade, para definir indicadores de confiabilidade de EMAs em fase de utilização.

1.1.1 Objetivos Específicos

Visando o alcance do objetivo geral desta pesquisa foi necessário:

- i. Avaliar parâmetros de vida útil de EMAs para obter indicadores de gerenciamento que permitirão apoiar os engenheiros clínicos e os gestores de saúde na gestão da tecnologia médico-hospitalar (GTMH);
- ii. Estruturar uma ferramenta prática através de um questionário para avaliar parâmetros de falhas e de segurança de EMAs;
- iii. Desenvolver uma metodologia para obter indicadores de falhas de EMAs, bem como auxiliar na formulação estratégica da manutenção hospitalar;
- iv. Aplicar a proposta em um estudo de caso buscando novas visões e experiências para o estudo da confiabilidade dentro do processo tecnológico em saúde.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos Estados Unidos, a indústria médica é um dos segmentos da economia que mais cresce. No ano de 2008, foram gastos 17% do seu produto interno bruto em cuidados de saúde e ele está projetado para atingir 20% em 2017 (KEEHAN *et al.*, 2008). No Brasil, essa tendência também é gradual. Um estudo setorial desenvolvido pela Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos e de Laboratórios (ABIMO) especifica que a indústria de saúde movimentou R\$10 bilhões em 2011, registrando um crescimento de 17,7%, contra 9,4% em 2010 (SAÚDE WEB, 2011; SAÚDE WEB 2012).

A capacidade de prever e gerenciar essa evolução contínua e suas posteriores implicações tornou-se um componente importante entre as atividades da EC (DAVID, 2008). Direcionar ações estratégicas gerenciais, investigar as causas dos problemas operacionais com equipamentos médicos e o impacto das falhas fazem parte das atribuições desta área, e são tarefas a serem mantidas constantemente, tendo em vista que certas falhas podem ser irreversíveis.

Acompanhar o ciclo de vida das tecnologias médicas se torna necessário para o planejamento e execução de tarefas gerenciais relacionadas à sua utilização. A vida útil é um dos principais parâmetros que podem influenciar na disponibilidade e confiabilidade de um equipamento durante a sua operação, no qual o gerenciamento e a manutenção dos EMAs se tornam essenciais para garantir a qualidade do atendimento.

Como a confiabilidade pode ser interpretada como a capacidade de um sistema realizar a sua função pretendida, estudos de modelos e ferramentas analíticas têm sido desenvolvidos para monitorar o desempenho de equipamentos. O que se deseja é atender às condições pré-estabelecidas, minimizar gastos de manutenção, e ao mesmo tempo garantir dispositivos seguros, confiáveis e eficazes (WEININGER *et al.*, 2010; SEIXAS, 2012; REIS e GARCIA, 2012; KHALAF *et al.*, 2013).

Os métodos de análise de confiabilidade são usados em processos tais como fabricação, telecomunicações, processamento de dados, geração de energia, aeronáutica, automobilística, hardware e software de dispositivos médicos, etc (ZAITSEVA, 2010). Entretanto, apesar de existir vasto material sobre confiabilidade de produtos na perspectiva dos fabricantes, a discussão da aplicação da confiabilidade em itens em

operação, na perspectiva da manutenção, ainda é escassa na literatura (SANTOS *et al.*, 2007).

Podemos citar trabalhos específicos em automobilística (DIAS, 1996; HAVIARAS, 2005; ALVES, 2008; HULTMANN, 2011), na indústria (LEMES, 2006, MAPA *et al.*, 2005), em sistemas militares (BANKS *et al.*, 2008), em aviação (DUEK, 2005) e em energias renováveis (GONÇALVES, 2010). Já na saúde, alguns métodos de análise de confiabilidade em dispositivos médicos são referenciados em BEASLEY, 1995; COHEN 2004; TALEB-BENDIAB *et al.*, 2006; SANTOS, 2009; ZAITSEVA, 2010; WEININGER *et al.*, 2010; HEDGE e RAHEJA, 2010; BRAIDOTTI JUNIOR, 2011; ZAITSEVA *et al.*, 2011; CHEN *et al.*, 2012 e KHALAF *et al.*, 2013.

Contudo, pelo que se pode entender das publicações mencionadas, existem limitações da aplicação de estudos de confiabilidade restritas às fases de projeto e desenvolvimento de produtos, principalmente na indústria.

Assim, a intenção deste estudo é formular uma metodologia para fortalecer a análise de confiabilidade de equipamentos médicos, acompanhando as condições funcionais destes durante a fase de utilização. Ao mesmo tempo, explorar múltiplos parâmetros e indicadores para a tomada de decisão e, desta forma, direcionar um adequado gerenciamento, visando estender a sua vida útil, aumentando a disponibilidade e sua taxa de utilização. Desta maneira, contribuir diretamente para o aprimoramento do atendimento e fazer uso de tecnologias confiáveis e seguras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentadas as principais ações da EC nas fases do ciclo de vida da tecnologia médico-hospitalar (TMH), políticas de manutenção para equipamentos médicos, e são abordados aspectos gerais da confiabilidade sob enfoque paramétrico.

2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS

Segundo a *World Health Organization* (WHO) ainda existem formas distintas de padronização para identificar um equipamento médico de acordo com seu uso pretendido (WHO, 2010).

Sob regime de Vigilância Sanitária, os equipamentos médicos compreendem todos os equipamentos de uso em saúde com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica; utilizados direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia, reabilitação ou monitorização de seres humanos e, ainda, aqueles com finalidade de embelezamento e estética (BRASIL, 2010b). Apesar de constituírem classes distintas, a perfeita coordenação destes subconjuntos de equipamentos é vital para o funcionamento adequado de toda a estrutura assistencial em saúde.

Dentro do contexto hospitalar estão os equipamentos médico-hospitalares (EMH), divididos em vários grupos, cada qual pertencente a uma determinada classificação e função.

Existem várias maneiras de classificar os EMH. O estudo realizado por SANTOS (1998) apresenta uma classificação em função da rotina desempenhada por eles dentro de um EAS. Neste estudo, os EMH estão classificados da seguinte forma: quanto à função, quanto aos riscos aos usuários, e quanto à complexidade tecnológica.

Seguindo essa metodologia, são apresentadas as classificações:

1) Quanto à Função:

As tecnologias, de acordo com as suas funções, estão presentes em praticamente todos os equipamentos indispensáveis ao funcionamento da estrutura de assistência à saúde.

O Ministério da Saúde (MS) define EMH como “o conjunto de aparelhos, máquinas e acessórios que compõem uma unidade assistencial, onde são desenvolvidas ações de diagnose e terapia,

atividades de apoio, infraestrutura e gerais”. Tais equipamentos são divididos em:

Equipamentos Médico-Assistenciais: aqueles que realizam ações de diagnose e terapia (aparelhos Raios-X, tomógrafo, estetoscópio, desfibrilador, ventilador pulmonar e outros);

Equipamentos de Apoio: conjunto de máquinas e aparelhos que funciona como suporte das atividades da área assistencial: (balanças, autoclave, refrigerador, banho-maria, batedeira, dentre outros);

Equipamentos de Infraestrutura: equipamentos e sistemas destinados a dar suporte ao funcionamento adequado ao EAS e aos setores de apoio (central de gás, central de ar comprimido e ar condicionado, incineradores, caldeira e outros);

Equipamentos Gerais: conjunto de móveis e utensílios de uso geral e não específico do ambiente hospitalar (mobiliário, sistema de comunicação, telefonia e proteção contra incêndio).

Dentre os EMH para a finalidade desta dissertação, é importante destacar o conceito de EMA. A RDC nº 02, de 25 de janeiro de 2010 definiu EMA como equipamento ou sistema, inclusive seus acessórios e partes, de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população, e que não utiliza meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função em seres humanos, podendo, entretanto ser auxiliado em suas funções por tais meios (BRASIL, 2010c).

2) Quanto aos Riscos aos Usuários:

Quando se fala em equipamentos para saúde é necessário que se identifiquem tais produtos de acordo com o grau de risco que podem apresentar ao paciente ou para o operador.

De acordo com o ECRI (1995), os equipamentos médicos estão divididos em três categorias com base nas lesões causadas por falha do equipamento ou erro humano: alto risco, médio risco e baixo risco. O quadro 1 representa esta classificação proposta.

Quadro 1 - Sistema de classificação de risco para equipamentos proposto pelo ECRI (1995).

Nível de Risco	Descrição
Alto	Suporte à vida, reanimação, monitoramento crítico, e outros equipamentos cuja falha ou mau uso podem ferir gravemente o paciente ou usuário.
Médio	Equipamentos incluindo muitos instrumentos para diagnóstico, cuja utilização indevida, falha ou falta (por exemplo, fora de serviço sem substituição disponível) teria um impacto significativo no atendimento ao paciente, mas provavelmente não causando ferimentos graves diretos.
Baixo	Os dispositivos cuja falha ou mau uso é pouco provável que resultem em graves consequências.

Fonte: Adaptado de Wang e Leveson (2000).

A RDC nº 185, de 22 outubro de 2001, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), classifica os produtos médicos, nos quais estão inseridos os EMAs, segundo o risco intrínseco que representa à saúde do consumidor, paciente, operador ou terceiros envolvidos; estando dividido entre as Classes I (baixo risco), II (médio risco), III (alto risco) ou IV (risco muito alto). Para que os equipamentos possam ser enquadrados em cada uma destas categorias são aplicadas 18 regras previstas nesta resolução (BRASIL, 2001; BRASIL, 2013).

De acordo com a norma NBR/IEC 60.601-1, sob o ponto de vista de segurança elétrica, os equipamentos devem ser classificados nos seguintes aspectos: de acordo com o tipo de proteção (Classe I e Classe II) e do grau de proteção contra choques elétricos (equipamento do tipo B, BF e CF) (BRASIL, 2010d; MORELI *et al.*, 2010).

3) Quanto à Complexidade Tecnológica:

A complexidade tecnológica pode ser entendida tanto do ponto de vista das condições de execução de suas manutenções, como em função da tecnologia empregada no desenvolvimento dos circuitos que formam esses equipamentos.

No âmbito acadêmico, a literatura vigente não aborda claramente esta classificação, por isso apresenta-se uma classificação resultante da

interpretação de vários autores (SANTOS, 1998; CALIL e TEIXEIRA, 1998; BRASIL, 2002a).

De acordo com a complexidade tecnológica, os EMAs podem ser de baixa, média ou alta complexidade:

Equipamentos de Baixa Complexidade:

São equipamentos cuja complexidade dos circuitos eletrônicos e/ou mecânicos não apresenta grande dificuldade de manutenção. Os recursos humanos não precisam ser especializados em equipamentos médicos e o treinamento que demandam é bastante simples. Equipamentos desse tipo podem ser: banho-maria, berço aquecido, estufa, esfigmomanômetro, balança mecânica, bebedouro, ar condicionado, dentre outros.

Equipamentos de Média Complexidade:

São equipamentos que exigem um pessoal com formação básica e treinamento mais adequado para execução do reparo. Enquadram-se nessa categoria equipamentos como incubadora, ventilador, monitor cardíaco, eletrocardiógrafo, eletroencefalógrafo, equipamento para hemodiálise, dentre outros.

Equipamentos de Alta complexidade:

São equipamentos que demandam técnicos qualificados e com treinamento bastante especializado. Em muitos casos, esses técnicos possuem nível superior e seu treinamento, em alguns casos, é desenvolvido no exterior. Enquadram-se nessa categoria ressonância nuclear magnética, tomógrafos, analisadores químicos, acelerador linear, ultrassom (diagnóstico por imagem), dentre outros.

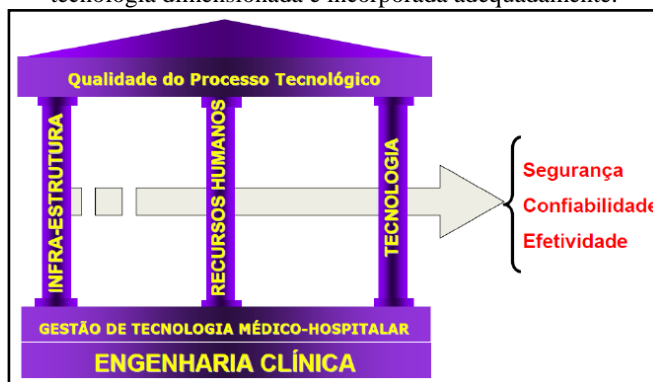
2.2 PERFIL DA ENGENHARIA CLÍNICA

A EC surgiu há cerca de 40 anos para gerenciar e integrar a implantação da tecnologia médica de forma adequada à prática clínica (KHALAF *et al.*, 2013).

Os processos típicos desenvolvidos por essa área no ambiente hospitalar incluem também verificar a conformidade dos equipamentos aos requisitos de efetividade, confiabilidade e segurança; aplicar, desenvolver ou modificar tecnologias existentes para adequar às demandas (BRASIL, 2008).

O contexto de assistência à saúde com qualidade, expressa por meio de segurança, confiabilidade e efetividade, sob o ponto de vista da EC, está baseado num sistema técnico, instalado numa infra-estrutura adequada para o seu funcionamento, onde ambos possibilitem ações ou procedimentos, por parte de profissionais da saúde, que devem ser devidamente capacitados para realizar atividades relacionadas a cuidados com a saúde dos pacientes. Tais ações possuem como base um modelo de processo de GTMH baseado em três domínios, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Qualidade do processo tecnológico sustentada por três pilares: infraestrutura adequada, recursos humanos capacitados e qualificados e tecnologia dimensionada e incorporada adequadamente.



Fonte: Garcia *et al.* (2010).

Desta forma, está caracterizado um processo tecnológico dentro de um EAS, que, particularmente, é formado por atividades que ocorrem em um ambiente de assistência à saúde, podendo então, ser denominado “processo tecnológico em saúde”.

2.2.1 Gestão e Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar

Cada vez mais os EAS vêm percebendo que a tecnologia é indispensável e que o sucesso da administração depende de como esta

tecnologia é gerenciada, uma vez que os custos representam uma parte significativa dos gastos e investimentos da instituição. Nesta perspectiva, torna-se necessário ressaltar a necessidade dos serviços de EC dentro dos ambientes de assistência à saúde, visto que através de uma equipe multidisciplinar qualificada e bem dimensionada pode aportar soluções gerenciais, tecnológicas e administrativas para a instituição.

Moraes (2007) cita que a GTMH pode ser denominada também gestão do processo tecnológico em saúde, sendo este um processo altamente complexo. O autor também considera que a GTMH deverá ser sustentada por três pilares: infraestrutura, recursos humanos e tecnologia. Do mesmo modo, necessitará de informações e indicadores de desempenho, visando um planejamento adequado em todas as fases do ciclo de vida da TMH.

O gerenciamento de tecnologia médico-hospitalar (gTMH) atua diretamente para atender a atividade necessária na assistência à saúde, ou seja, está focado em adequar o uso da TMH, gerenciando, desenvolvendo e aplicando ações para utilizar da melhor forma os recursos tecnológicos disponíveis e direcionando as ações operacionais (MORAES e GARCIA, 2004).

Dyro (2004) considera que as atividades de gTMH em termos clássicos começam com o planejamento estratégico, seguidas da avaliação de tecnologias e do seu processo de incorporação, concluindo com o gerenciamento dos serviços de manutenção.

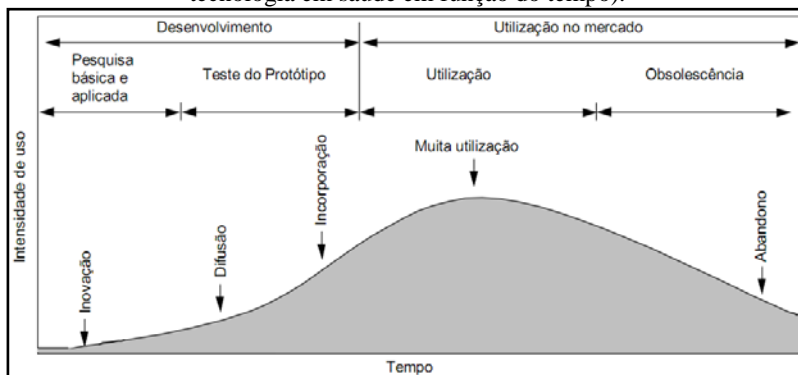
Desta forma, pode-se verificar que as ações da GTMH e do gTMH são complementares, de forma macro tem-se a GTMH aplicando ações mais genéricas, e de forma micro o gTMH, aplicando ações diretas na resolução de ações específicas, para assim oferecer um aporte completo ao sistema de saúde em nível de TMH (SANTOS, 2009).

2.2.2 Ciclo de Vida das Tecnologias Médico-Hospitalares

A análise do ciclo de vida das tecnologias médicas apresenta-se como uma ferramenta importante para a qualificação do gerenciamento, pois propicia ao administrador do EAS conhecer seu parque tecnológico atual e planejar a sua ampliação (ALBORNOZ, 2000).

A Figura 2 apresenta as diferentes fases do ciclo de vida de uma tecnologia, desde o período compreendido entre a sua inovação até sua obsolescência.

Figura 2 - Ciclo de vida das tecnologias em saúde (intensidade de uso de uma tecnologia em saúde em função do tempo).



Fonte: Adaptado de Sônego (2007).

De acordo com Santos (2009), a fase de inovação inicia com o desenvolvimento da tecnologia, elaboração do projeto, prototipagem e finaliza com a primeira utilização. Na fase de difusão é possível identificar alterações técnicas necessárias, e após correções, a tecnologia pode ser incorporada, período mais indicado para aquisição da mesma. Posteriormente, ocorrerá a fase de utilização plena da tecnologia. No período de abandono serão observados parâmetros de segurança, técnicos e financeiros para se identificar se será necessária a tomada de decisão de substituição.

As ações e tendências da EC são fortemente dependentes do ciclo de vida da TMH e elas incluem disponibilizar dispositivos médicos seguros e confiáveis, consolidados com os domínios de infraestrutura e recursos humanos.

2.2.3 Manutenção de Equipamentos Médicos

Manutenção é um termo ligado diretamente aos indicadores de qualidade, confiabilidade, disponibilidade e segurança em setores tão distintos quanto a saúde, telecomunicações, indústria, processamento de dados, aviação, dentre outros (MORAIS; 2004; MORAIS e MÜHLEN, 2004; GONÇALVES, 2010).

Wang (2011) considera que um aspecto fundamental que diferencia a manutenção do equipamento médico das atividades similares a outras áreas é a segurança do paciente. Isso não significa que a segurança é ignorada na manutenção dos equipamentos em outros

setores, só que ela é significativamente mais desafiadora no ambiente de cuidado à saúde por evitar lesões ou mortes de pacientes.

Alguns desafios podem ser citados: nenhum outro setor tem uma variedade tão grande de equipamentos, projetados e fabricados por empresas diferentes; competência e treinamento do usuário continuam a ser um sério desafio, tornando erros de usuário uma das principais causas de incidentes para pacientes; e a natureza litigiosa de certas empresas tem limitado a correta investigação de questões de segurança dos equipamentos (WANG *et al.*, 2011).

A manutenção dos equipamentos e os testes funcionais são atividades essenciais na fase de utilização para sustentar o benefício de seu uso, a fim de mitigar as falhas funcionais e manter a tecnologia ativa. Por sua vez, a escolha mais adequada do tipo de manutenção irá repercutir na disponibilidade da tecnologia para o cuidado ao paciente.

2.2.3.1 Estratégias de Manutenção

A implementação da estratégia da manutenção busca maximizar a disponibilidade operacional com menor custo e a mais alta qualidade sem infringir normas de segurança (KARDEC e NASCIF, 2001; CAPUANO, 2007; KHALAF *et al.*, 2013). Tudo isso em conjunto leva os gestores da TMH a adotar planos de manutenção efetivos.

Nas definições de manutenção distinguem-se duas formas de ações (CARDOSO e CALIL, 1999). Uma delas é a prevenção, e a outra é a correção do sistema técnico, bem ou serviço. Dessa forma, temos três tipos de manutenção possíveis: manutenção preventiva (MP), manutenção corretiva (MC) e a manutenção preditiva (MPd). Quanto às políticas de aplicação, Moraes (2004) considera que a manutenção pode ser dividida em não planejada e planejada.

A manutenção não planejada consiste em permitir que o equipamento trabalhe até a quebra e a consequente paralisação, para então se efetuar o reparo, atuando, portanto, de forma totalmente reativa. Enquadra-se neste item a MC. A manutenção planejada procura evitar as ocorrências de falhas com programações periódicas de manutenção, a fim de prevenir algum defeito. Encontram-se dentro deste item a MP e a MPd.

Segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN, 2011), a MC representa 27,40% do total de homens-hora de manutenção alocada nas empresas brasileiras. A MP

tem a parte mais significativa do percentual das atividades com 36,75% e a MPd possui 17,42%, sendo que muitas empresas não utilizam essa última modalidade por considerarem os custos elevados.

Ainda de acordo com o documento nacional da ABRAMAN é possível observar o crescimento nos últimos anos da utilização de métodos alternativos para a melhoria da manutenção, destacando-se a manutenção centrada em confiabilidade (MCC) com 17,03%.

Na área da saúde, a aplicação da MCC é vista como uma ferramenta importante no processo de gTMH e para o aprimoramento da gestão da manutenção especialmente na fase de utilização (REIS e GARCIA, 2012). A sua base de trabalho pode ser representada através do método análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA), no qual se definem as funções e padrões de desempenho dos equipamentos, seus modos de falha, as causas e consequências dessas falhas e o tipo de manutenção recomendada (BLOOM, 2006; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Na literatura, vários são os elementos a serem definidos em um plano de manutenção. Alguns autores consideram que a definição da melhor solução de manutenção deva ser analisada em função das características da instituição, de acordo com o ponto de vista operacional, de segurança pessoal e da instalação, dos custos envolvidos em todo o processo de reparo ou substituição, ou no impacto da falha (BEVILACQUA *et al.*, 2000; DESHPANDE e MODAK, 2002; DUEK, 2005).

Com base em dados qualitativos das falhas dos equipamentos, alguns autores apresentam diagramas de decisão para a determinação da melhor estratégia de manutenção (DESHPANDE e MODAK, 2002; BLOOM, 2006; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Bloom (2006) também sugere a utilização da experiência da equipe de manutenção para estabelecer o intervalo entre manutenções.

Visando uma abordagem quantitativa, são as distribuições de tempos de falhas dos equipamentos que devem ditar a política de manutenção do sistema, as quais fornecem indicadores que auxiliam a definir a melhor estratégia em função da caracterização do uso do equipamento. Para equipamentos que apresentam falhas prematuras, recomenda-se a MC; para aqueles que apresentam falhas aleatórias, podem ser adotadas estratégias de MC e MPd; e, para equipamentos que apresentam falhas por desgaste, sugere-se a utilização de MP e MPd (LAFRAIA, 2001; FARRERO *et al.*, 2002; SELLITO, 2005; MENDES e RIBEIRO, 2011).

Para o estabelecimento da MP, Calil e Teixeira (1998) consideram que é necessário o conhecimento do índice de falha levantado dos equipamentos médicos. Eles orientam que equipamentos com tempo médio entre falhas menor que 30 meses devem passar por um programa de MP.

Existe uma forte correlação entre o método de manutenção que deverá ser adotado e os efeitos das possíveis falhas das peças e componentes do equipamento em termos de produtividade, qualidade e segurança. O monitoramento de indicadores é essencial para medir e verificar o atual desempenho do sistema de manutenção. Geralmente são apresentados na bibliografia indicadores de confiabilidade, tempo médio entre falhas, tempo médio entre reparos e disponibilidade (MARTINI, 2005; MENDES e RIBEIRO, 2011).

A principal vantagem de se utilizar avaliações quantitativas é que a tomada de decisão é baseada em fatos adquiridos através da análise de dados reais. No entanto, vale ressaltar que questões qualitativas, como condições de acesso aos equipamentos, recomendações apresentadas em normas e regulamentos, treinamento do pessoal de manutenção e outras atividades programadas para o mesmo equipamento, também devem ser consideradas, pois também estabelecem um sistema de gerenciamento de serviço capaz de garantir a prestação e confiabilidade na execução das atividades gerenciais da manutenção.

2.2.4 Risco em Tecnologia Médico-Hospitalar

A crescente inserção de tecnologias médicas disponibilizou equipamentos complexos, por sua vez, aumentando a possibilidade de erros de procedimentos e uso incorreto dos mesmos (ECRI, 2013; HOLSBACH *et al.*, 2013). Um estudo realizado pela Fiocruz aponta que de cada dez pacientes atendidos em unidades hospitalares um sofre de evento adverso. Este estudo aponta que 66% dos incidentes com pacientes poderiam ser evitados no Brasil (MENDES *et al.*, 2005).

Em 2013, o ECRI divulgou um relatório contendo uma lista com os 10 principais riscos potenciais associados com o uso de dispositivos médicos. Nesta lista constam em sequência, os riscos de alarmes em monitores, nos quais os profissionais da saúde podem ficar sobrecarregados com o efeito sonoro, erros de medicamentos utilizando bombas de infusão, as altas doses de radiação por tomografia computadorizada, entre outros (ECRI, 2013). Considera-se que muitos

desses perigos podem ser evitados com o conhecimento dos mecanismos das falhas e dos princípios básicos de funcionamento dos equipamentos.

2.3 CONCEITO DE FALHA

A definição de falha é fundamental para qualquer análise de confiabilidade, ou seja, é necessário definir quando é que o equipamento deixa de funcionar corretamente.

De maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada, sendo que item corresponde a qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente (ABNT, 1994; RAUSAND e OIEN, 1996; KARDEC, 2002; SIQUEIRA, 2005).

Ainda não há codificação de falhas de forma padronizada entre os setores hospitalares, por isso, estas poderão ser classificadas sob vários aspectos: origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade (ABNT, 1994). Outro tipo de falha a se considerar é a falha oculta, que não pode ser detectada em condições normais de operação, e só aparece quando o equipamento é demandado a operar em um determinado modo e ele não funciona (MARTINI, 2005).

Blashe e Shirivastava (1994) sugerem, ainda, outros tipos de falhas relacionadas com o ambiente e o modo de operação, sendo elas: falhas de desgaste, falhas de mau uso e falhas inerentes a erros de projeto, produção ou montagem.

Segundo o Shepherd's System (1998), ao se considerar falhas em um ambiente hospitalar, em especial tratando-se de equipamentos médicos, uma série de possíveis "responsáveis" pelas falhas devem ser analisados: equipamento, operador, paciente, agente da manutenção, instalações e o ambiente.

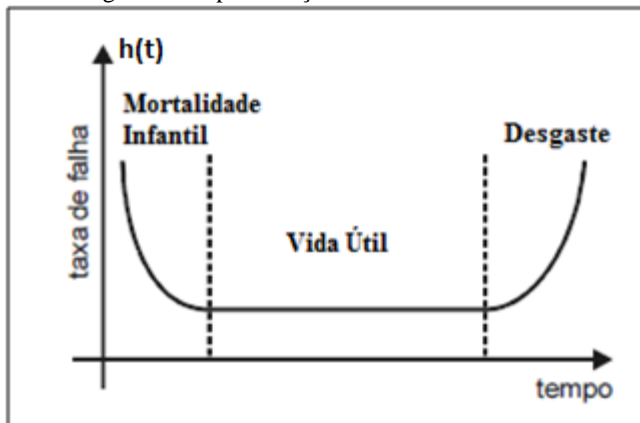
2.3.1 Características de Falhas

A taxa de falha de um equipamento é genericamente modelada através da curva da banheira, representada na Figura 3, a qual descreve os períodos característicos da vida do produto.

Basicamente, as regiões da curva da banheira estão associadas com a frequência das ocorrências de falhas e essas podem variar de três maneiras: mortalidade infantil, vida útil e desgaste (LAFRAIA, 2001;

BLANCHARD e FABRYCKY 2003; MATHEW, 2004; MORAIS, 2004; KHALAF *et al.*, 2013).

Figura 3 - Representação da Curva da Banheira.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

O período de mortalidade infantil representa uma pequena parcela da população que falha, normalmente no primeiro ano, devido a possíveis defeitos de fabricação que não são detectados. São as denominadas falhas prematuras, altamente indesejadas, uma vez que provocam insatisfação dos clientes com o produto, além de custos do fabricante com os reparos (produtos em garantia). Nesse período, a taxa de falha é decrescente com o tempo. Seus efeitos podem ser minimizados através da melhoria do processo de manufatura e do controle de qualidade dos produtos, além de planos de inspeção mais rigorosos (CROWE e FEINBERG, 2001; ELSAYED, 1996; WILKINDS, 2002).

O período de vida útil é caracterizado por taxas de falhas constantes, geralmente de natureza aleatória e, por isso, difíceis de serem evitadas. Algumas das razões para sua ocorrência são a não detecção de defeitos, fatores de segurança baixos, condições ambientais inevitáveis e erro humano. Devido a estas características, as falhas casuais apresentam um tipo de falha difícil de ser eliminada (DHILLON, 2005; LAFRAIA, 2001; WILKINS, 2002).

O período de desgaste representa o início do término da vida útil do componente, possuindo uma taxa de falha crescente com o tempo. Nesse período, as falhas já não são atribuídas à aleatoriedade, e sim a idade e ao desgaste do componente. Dentro desta região, a taxa de falha

aumenta rapidamente à medida que o produto atinge o final de sua vida útil. Para minimizar seu efeito, devem-se realizar MP periodicamente ou então fazer a substituição do produto (CROWE e FEINBERG, 2001; ELSAYED, 1996; LAFRAIA, 2001).

Nem todos os produtos apresentam todas as fases da curva e, além disso, o comprimento de cada região da curva também pode variar de um produto para outro (WILKINDS, 2002).

2.3.2 Classificação e Registros de Falhas

Os registros podem vir de testes realizados em bancos de provas, constituindo a primeira origem de informações sobre a confiabilidade dos produtos. Esses dados são obtidos sob condições controladas, o que permite avaliar alguns parâmetros de confiabilidade. No entanto, esses testes realizados em bancada são caros e podem não representar, em alguns casos, a situação de solicitação encontrada em campo, principalmente quando o efeito do usuário do equipamento influencia demasiadamente a magnitude da solicitação (LEMES, 2006).

Nessa situação, outra proveniência de registros relevantes para o estudo de confiabilidade são os dados obtidos em campo, que evidenciam o histórico do produto em sua íntegra, lidando com dados reais (LEMES, 2006).

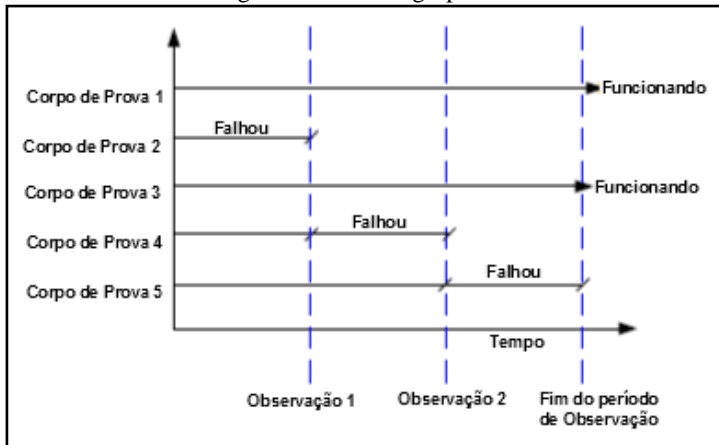
A análise dos registros é o início do estudo de confiabilidade. O conjunto de dados pode ser caracterizado por registros agrupados, suspensos ou completos.

2.3.2.1 Dados Agrupados

Nelson (1982) afirma que quando os dados são analisados conforme inspeções realizadas em intervalos de tempo pré-definidos, eles se apresentam de maneira agrupada, ou seja, sabe-se o número de equipamentos ou sistemas que falharam entre dois períodos, mas não se sabe o momento exato da ocorrência da falha. A análise que envolve este tipo de dado é feita baseada em cada grupo de falhas independente e não se baseia na falha de cada item.

A Figura 4 representa os dados agrupados de falhas entre inspeções feitas em períodos determinados.

Figura 4 - Dados Agrupados.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

De acordo com a Figura 4, são colocadas 5 amostras do produto em análise para teste. Depois de um determinado período, quando é feita a primeira observação, das cinco amostras, sabe-se que o corpo de prova 2 apresentou falha. Então, novamente, depois do intervalo de verificação estipulado verifica-se o funcionamento dos corpos de prova e conclui-se que o corpo de prova 4 apresentou falha dentro do período entre a observação 1 e a observação 2 e, da mesma maneira, o corpo de prova 5 apresentou falha no último período de observação.

2.3.2.2 Dados Suspensos

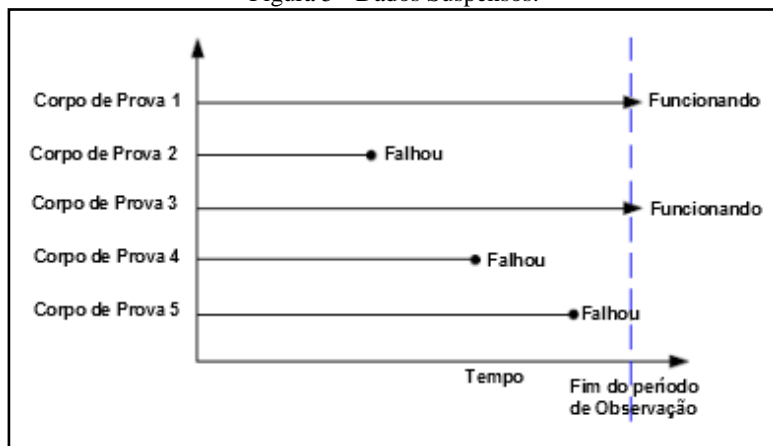
Em muitos casos, nem todas as unidades da amostra falharam ou os tempos até falha de todas as unidades não são conhecidos. Esses tipos de dados são comumente chamados de dados censurados. Caso esses dados não sejam considerados, haverá uma falha na análise, pois assume-se a consideração errônea de que todos os equipamentos ou sistemas falharam.

Dados suspensos ou censurados são obtidos quando, ao fim do ensaio realizado, existem ainda equipamentos ou sistemas que não falharam. É o caso mais comum de dado quando se utilizam registros de avaliações de campo ou de dados de garantia para a análise de confiabilidade, pois, geralmente, nem todos os equipamentos produzidos e em uso no mercado apresentaram falhas. Ao final do período de tempo

definido para coleta de dados ainda há equipamentos funcionando em perfeito estado, que devem fazer parte e contribuem para a análise de confiabilidade (LEMES, 2006; RELIASOFT, 2006a).

A Figura 5 representa graficamente o conceito de dados suspensos ou censurados. Nota-se que alguns itens continuam em operação ao final do período pré-definido para coleta de dados de falha.

Figura 5 - Dados Suspensos.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

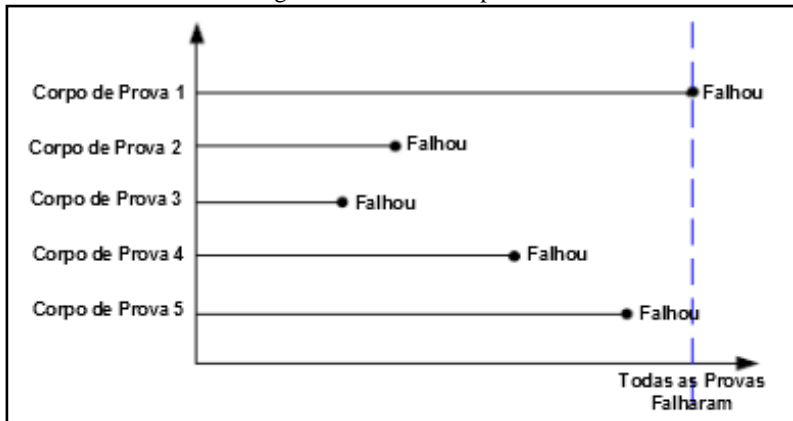
2.3.2.3 Dados Completos

Os dados completos são os obtidos, por exemplo, em ensaios de bancada, que ensaiam um número de elementos até sua total degradação, ou seja, até que todos os equipamentos ou sistemas analisados apresentem falhas. Nesse tipo de ensaio o tempo de execução do mesmo não é um fator determinante, o ensaio pode durar muito tempo ou apenas algumas horas, dependendo da robustez e confiabilidade do equipamento ou sistema analisado (LEMES, 2006).

Segundo Nelson (1982), na análise utilizando dados completos, o valor do tempo até a falha de cada elemento da amostra é observado e conhecido e, portanto, torna-se mais precisa a determinação dos parâmetros da função de probabilidade que representa a probabilidade de falha do componente ensaiado.

A Figura 6 mostra a representação dos tempos até a falha para os dados completos.

Figura 6 - Dados Completos.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

2.4 NOÇÕES DE CONFIABILIDADE

A confiabilidade pode ser definida como a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo” (ABNT, 1994), ou ainda, “é a probabilidade de um componente, sistema, máquina ou equipamento operar sem falhas, dentro das especificações para as quais foi projetado e construído, por um período de tempo determinado” (LAFRAIA, 2001).

Para O'Connor (1995), a confiabilidade é o estudo sobre as falhas que podem ocorrer com o produto durante o seu ciclo de vida, não sendo apenas o cálculo da taxa de falha ou da probabilidade de falha de um componente ou sistema, mas o estudo, avaliação e correção das falhas que podem ocorrer com o produto durante o seu ciclo de vida.

Segundo Freitas e Colosimo (1997), um estudo de tempo de falha só deve ser descrito em termos probabilísticos e qualquer análise estatística de dados de confiabilidade deve ser baseada em conceitos bem definidos. Isto porque a prática mostra que produtos saindo da mesma linha de produção operando sob condições similares apresentam tempos de falha distintos.

Como a confiabilidade está geralmente relacionada com as falhas durante a vida do produto, esta permite a elaboração de estratégias de manutenção, pois visa garantir o bom funcionamento do produto, em

decorrência do seu tempo de uso e dos fatores que podem influenciar seu desempenho (FIRMINO *et al.*, 2004).

Outros pontos também são merecedores de atenção na determinação da confiabilidade. Primeiramente, a função operacional do equipamento deve ser claramente definida, pois isso permite reconhecer as formas de utilização e eventuais modos de falhas. Adicionalmente, o ambiente de operação deve ser bem caracterizado, sendo um aspecto complexo, pois não só inclui o meio físico, mas as ações de manutenção e operação. Finalmente, o tempo de utilização, o qual pode expressar a severidade de uso imposta ao equipamento (LEMES, 2006).

O fator de uso (taxa de utilização) é dado pela razão entre o tempo total de horas utilizado e o tempo total de horas disponível para operação. Para obter um período de utilização corrigido que demonstre o real tempo de utilização do equipamento, multiplica-se o fator de uso pelos períodos considerados.

2.4.1 Sistemas Série e Paralelo

Ao tratar de confiabilidade de um componente é possível afirmar que a mesma está associada diretamente à probabilidade do componente não falhar. Por outro lado, quando os componentes são agrupados de modo a formar um sistema, a probabilidade do conjunto dependerá diretamente de como esses componentes estão agrupados (LAFRAIA, 2001).

Analisando o projeto de um produto é possível descrever o sistema como um conjunto de blocos interconectados a fim de exercer a função pretendida. Desta forma, definem-se duas maneiras básicas de conexão dos componentes: em série e paralelo (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Num sistema em série todos os componentes devem funcionar para que o sistema funcione. Isso ocorre devido ao fato de que os blocos são dispostos em sequência, gerando total dependência entre eles. Já o sistema em paralelo proporciona ao sistema a chamada redundância, uma vez que a falha de um componente não implica obrigatoriamente na falha geral do sistema (LAFRAIA, 2001).

Os sistemas podem ser descritos por uma associação mista dos arranjos citados acima. Desta forma, para calcular a confiabilidade devem ser desmembrados em arranjos em série e/ou paralelo (ELSAYED, 1996).

2.4.2 Análise de Confiabilidade

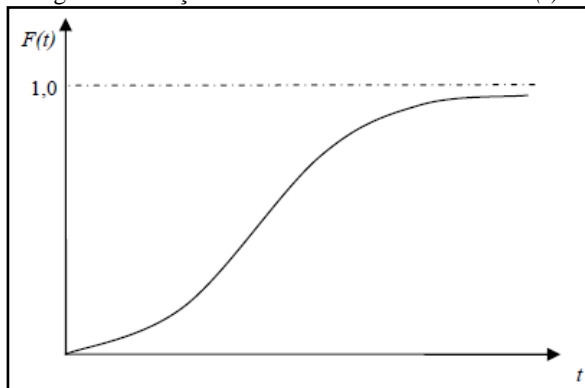
A análise dos dados de vida de um equipamento ou sistema pode ser realizada através da função confiabilidade $R(t)$, em que as principais funções utilizadas são: a função taxa de falha (λ) e o tempo médio entre as falhas (*MTBF - Mean Time Between Failures*) (ELSAYED, 1996).

O estudo matemático dos mecanismos de falha é iniciado pela modelagem da variação temporal da probabilidade de falha do item por unidade de tempo, sendo representada pela equação 2.1 (SIQUEIRA, 2005):

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Em que $f(t)$ é a função de densidade de probabilidade de falha e $F(t)$ é a distribuição de probabilidade acumulada de falhas a partir de um determinado instante. A função $F(t)$ é crescente com o tempo, atingindo um valor unitário quando t tende ao ∞ , tal como indicado na Figura 7.

Figura 7 - Função de Probabilidade Acumulada $F(t)$.



Fonte: LEITCH (1995).

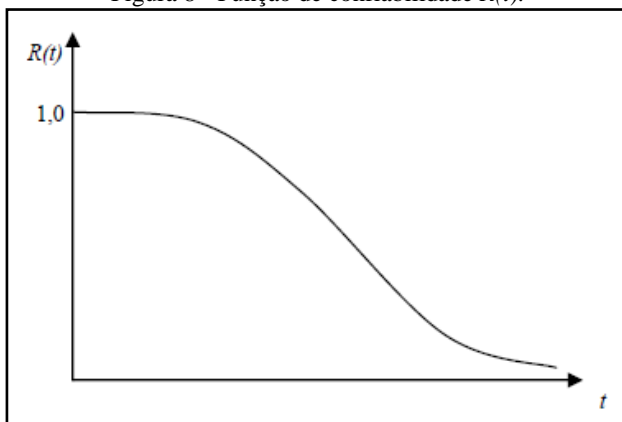
A partir do conhecimento da $f(t)$, é possível determinar a confiabilidade de um item, definida como a função acumulada de sucesso na operação do item até o tempo t , dada pela equação 2.2, (ELSAYED, 1996):

$$R(t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt = 1 - \int_t^{-\infty} f(t)dt = 1 - F(t) \quad (2.2)$$

Em decorrência da própria definição da função distribuição acumulada, tem-se: $R(0) = 1$ e $R(\infty) = 0$.

A partir do gráfico apresentado na Figura 8, verifica-se que a confiabilidade de um produto ou sistema apenas decai ao longo do tempo, ou seja, quanto maior o tempo de operação do mesmo, maior será a probabilidade de apresentar falha. Portanto, apenas no instante em que o equipamento é colocado em operação, sua confiabilidade é de 100% (SOUZA, 2003).

Figura 8 - Função de confiabilidade $R(t)$.



Fonte: LEITCH (1995).

Outra função de interesse na caracterização de um produto é a taxa de falha (ou taxa de riscos), a qual pode ser modelada a partir da curva da banheira. Esta é definida como sendo a probabilidade de um item falhar em um próximo intervalo de tempo de operação, dado que o mesmo está operando no início do intervalo, e permite a determinação do número de falhas por unidade de tempo (CASTRO, 2003). A taxa de falha é definida pela equação 2.3:

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.3)$$

Quando são medidos os tempos até a falha de componentes ou sistemas e são calculadas as funções $f(t)$ ou $F(t)$, está se trabalhando com distribuições estatísticas de tempo de vida. Um parâmetro importante de qualquer distribuição estatística é o seu valor médio. Tratando-se de itens reparáveis utiliza-se o parâmetro *MTBF*, o qual nos fornece uma ideia do tempo ótimo para que medidas sejam tomadas a fim de que a disponibilidade e os níveis de segurança sejam mantidos.

Outro indicativo ao se analisar falhas de um sistema é o tempo médio até o reparo (*MTTR - Mean Time To Repair*). Esse indicador mostra o tempo médio, que os equipamentos levam para retornar à operação normal após uma manutenção. Ele também é útil para mostrar a eficiência do início das atividades gerenciais de uma estrutura de engenharia clínica (EEC).

Desta maneira, o *MTBF* e o *MTTR* são medidas referenciais para a gestão da manutenção. As expressões podem ser representadas matematicamente pelas equações 2.4 e 2.5, nas quais *TBF* indica o tempo entre falhas, *TTR* indica o tempo para reparo e *N* o número reparos (LAFRAIA, 2001).

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^N TBF_i}{N} \quad (2.4)$$

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^N TTR_i}{N} \quad (2.5)$$

Dado que se tenham o *MTBF* e o *MTTR* é possível calcular a disponibilidade (*A*) de um equipamento através da equação 2.6. De acordo com Ireson *et al.* (1996), a disponibilidade representa a probabilidade de que um determinado sistema ou equipamento, quando usado em determinadas condições, esteja em condição operacional em um instante de tempo *t*.

Na prática, disponibilidade é expressa pelo percentual de tempo em que o sistema se encontra operante.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.6)$$

De acordo com Walid e Sameh (2009), a disponibilidade pode ser classificada em excelente (95 a 100%), muito boa (90 a 94,9%), boa (80 a 89,9%), média (70 a 79,9%), baixa (60-69,9%) e muito baixa (<60%).

Quanto maior a confiabilidade dos equipamentos é esperada uma maior disponibilidade operacional, consequentemente, podendo refletir em melhores práticas no serviço de saúde.

2.4.3 Distribuições de Probabilidade Aplicadas à Confiabilidade

Apesar de existirem técnicas não paramétricas para tratar dados relativos a tempo de vida de produtos, neste trabalho deseja-se ajustar modelos paramétricos a partir das observações amostrais (teste do ajuste da distribuição ou também chamado de teste de aderência), por serem mais consistentes no cálculo da confiabilidade e taxa de falha.

Uma vez escolhida a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta ao comportamento do tempo de falha do produto, é possível estimar as medidas de confiabilidade. A essas distribuições de probabilidade dá-se o nome de modelos probabilísticos para o tempo de falha (MOREIRA, 1998; HAVIARAS, 2005).

Embora exista uma série de distribuições probabilísticas utilizadas em análise de dados de confiabilidade, algumas delas ocupam uma posição de destaque por sua comprovada adequação a várias situações práticas. Dentre elas, pode-se citar a exponencial, Weibull de dois parâmetros e lognormal (FREITAS e COLOSIMO, 1997; CROWE e FEINBERG, 2001; RELIASOFT, 2005; HULTMMAN, 2011).

Cada distribuição possui alguns parâmetros particulares que a descreve e a define, e esses parâmetros são estimados a partir dos dados de falha obtidos em observações experimentais. As expressões matemáticas da confiabilidade e a sua obtenção são apresentadas a seguir.

2.4.3.1 Lognormal

A distribuição lognormal é apropriada para o tempo de falha de componentes e sistemas cujas falhas recentes dominem o comportamento do processo de falha, ou seja, quando ocorre uma significativa quantidade de falhas no início da vida do produto e poucas falhas no fim da vida, apresentando assimetria em relação ao valor médio (SOUZA, 2009). É uma distribuição mais estável que a distribuição normal, isto porque tem uma forma mais variada, que possibilita por sua vez um melhor ajuste da população estudada. A

função densidade de probabilidade para esta distribuição é descrita pela equação 2.7 (IRESON *et al.*, 1991; RELIASOFT, 2001).

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{T'}} \cdot e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{T' - \bar{T}'}{\sigma_{T'}}\right)^2\right]} \quad (2.7)$$

sendo, T' é o logaritmo natural do tempo para falha ($T'=\ln(t)$), \bar{T}' é a média do logaritmo natural dos tempos para falha e $\sigma_{T'}$ é o desvio padrão do logaritmo natural dos tempos para falha. O valor de $\sigma_{T'}$ determina o formato da distribuição, sendo o parâmetro de forma, e o valor de \bar{T}' determina o ponto da distribuição em que 50% de probabilidade é acumulado.

As equações da distribuição de probabilidade acumulada ($F(t)$), da confiabilidade ($R(t)$) e da taxa de falha (λ), obtidas a partir da equação 2.7 podem ser vistas a seguir:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{T' - \bar{T}'}{\sigma_{T'}}\right), t > 0 \quad (2.8)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{T' - \bar{T}'}{\sigma_{T'}}\right), t > 0 \quad (2.9)$$

$$h(t) = \phi\left(\frac{(T' - \bar{T}')/\sigma_{T'}}{\sigma_{T'}}\right), t > 0 \quad (2.10)$$

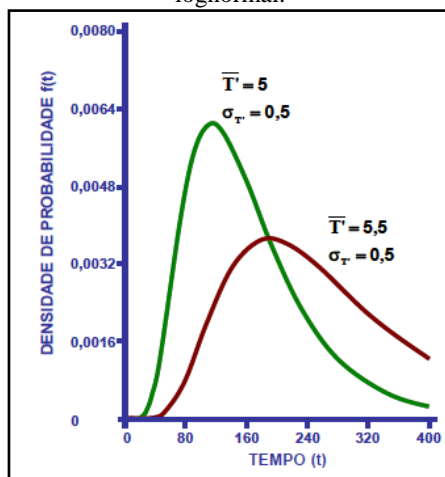
Sendo $\Phi(Z)$ é a função distribuição acumulada e $\phi(Z)$ a função densidade de probabilidade para a variável normal padrão Z . Seus valores podem ser encontrados em tabelas da distribuição padronizada normal padrão (IRESON *et al.*, 1991).

O $MTBF$ da distribuição lognormal pode ser calculado pela equação 2.11:

$$MTBF = e^{T'} + \frac{\sigma_{T'}^2}{2} \quad (2.11)$$

Na Figura 9 pode-se ver o efeito dos parâmetros $\sigma_{T'}$ e \bar{T}' na função distribuição de falha.

Figura 9 - Efeito do parâmetro σ_T e \bar{T} na função densidade de probabilidade lognormal.



Fonte: (RELIASOFT, 2005).

2.4.3.2 Exponencial

Um caso particular de grande interesse no estudo de falhas de componentes ou sistemas eletrônicos é a representação da confiabilidade pela distribuição exponencial, que apresenta uma taxa de falha constante, e é utilizada para representar a parte intermediária da curva da banheira. Ela pode ser vista como um caso particular da distribuição Weibull, onde o parâmetro de forma β é igual a 1 e η é igual a $1/\lambda$. A função densidade de probabilidade exponencial pode ser expressa pela equação 2.12 e o seu comportamento visualizado na Figura 10 (IRESON *et al.*, 1991; RELIASOFT, 2001):

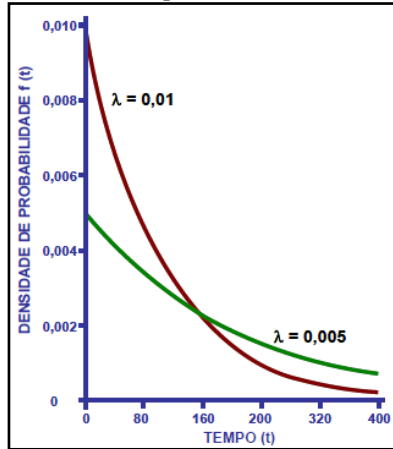
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t > 0 \quad (2.12)$$

ao qual λ é a taxa de falha e à medida que ela diminui, a distribuição é esticada para a direita, e quando ela aumenta, a distribuição é empurrada em direção à origem.

Na distribuição exponencial o *MTBF* é definido como o inverso da taxa de falha como mostra a equação 2.13:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.13)$$

Figura 10 – Efeito do parâmetro λ na função distribuição de probabilidade exponencial.



Fonte: (RELIASOFT, 2005).

As equações da distribuição de probabilidade acumulada, da confiabilidade, e da taxa de falha, obtidas a partir da equação 2.12 podem ser vistas a seguir:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}, \quad t > 0 \quad (2.14)$$

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t}, \quad t > 0 \quad (2.15)$$

$$h(t) = \lambda, \quad t > 0 \quad (2.16)$$

2.4.3.3 Weibull de dois parâmetros

A distribuição Weibull é uma distribuição de probabilidade flexível que permite descrever taxas de falha constante, crescente e decrescente, representando todas as regiões da curva da banheira apresentada na Figura 3. É uma das mais empregadas em análises de confiabilidade devido à sua versatilidade de alteração de forma (WEIBULL, 1951; SEELING, 2000; CROWE e FEINBERG, 2001; RELIASOFT, 2001). Freitas e Colosimo (1997) também consideram

que esta distribuição descreve adequadamente o tempo de vida de produtos formados de várias partes (elementos) cuja falha ocorre quando a primeira parte falhar (componentes ligados em série).

A função densidade de probabilidade pode ser descrita da seguinte forma:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \frac{(t)^{(\beta-1)}}{\eta} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}, t > 0 \quad (2.17)$$

sendo β é a constante de forma ou inclinação da distribuição, sendo o parâmetro que define o formato da curva que caracteriza a densidade de probabilidade de falha. O parâmetro η representa a constante de escala ou vida característica do equipamento ou sistema estudado, e é definido como o tempo no qual a densidade de probabilidade atinge 63,2%.

Dependendo do valor de β , a distribuição Weibull pode tomar características de outros tipos de distribuição. Então, pode-se dizer que β determina a forma da distribuição e η determina o tempo com que uma determinada probabilidade é alcançada. Estes dois efeitos podem ser observados nas Figuras 11a e 11b, respectivamente.

As equações da distribuição de probabilidade acumulada, da confiabilidade e da taxa de falha para a distribuição Weibull são apresentadas abaixo (IRESON *et al.*, 1991; RELIASOFT, 2001):

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]}, \quad t > 0 \quad (2.18)$$

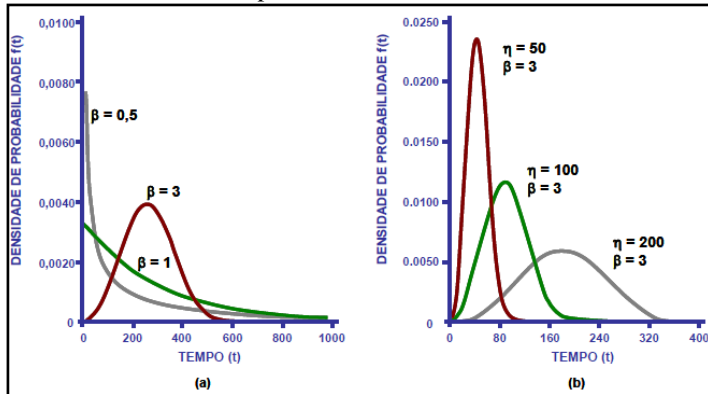
$$R(t) = e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]}, \quad t > 0 \quad (2.19)$$

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}, \quad t > 0 \quad (2.20)$$

Não possuindo uma forma característica específica, a distribuição Weibull pode representar várias funções particulares, dependendo dos valores dos seus parâmetros. Quando o parâmetro de forma β é menor que 1, a taxa de falha para a distribuição Weibull é decrescente e pode ser usada para modelar o período de mortalidade infantil; quando β é igual a 1, a distribuição Weibull comporta-se como a distribuição exponencial assumindo uma taxa de falhas constante; e quando β é

maior que 1, a taxa de falha é crescente e, portanto, esse é um bom modelo para o período de desgaste.

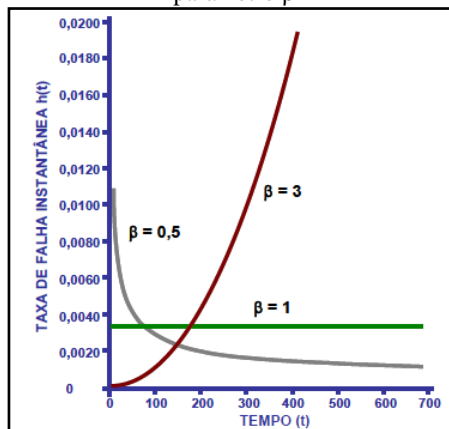
Figura 11 - (a) Efeito do parâmetro de forma β na função densidade de probabilidade Weibull (b) Efeito do parâmetro de escala η na função densidade de probabilidade Weibull.



Fonte: (RELIASFOT, 2005).

A função taxa de falha descreve a taxa na qual os itens de uma população, que tenham sobrevivido até um tempo t , irão falhar. A Figura 12 representa a função para diferentes valores de β .

Figura 12 - Curvas de taxa de falha instantânea para diferentes valores do parâmetro β



Fonte: (RELIASFOT, 2005).

O *MTBF* para a distribuição Weibull pode ser determinado pela equação 2.21, onde Γ é a função gamma.

$$MTBF = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.21)$$

2.4.4 Teste do Ajuste da Distribuição

As técnicas paramétricas requerem o conhecimento da distribuição de probabilidade para o tempo de falha. Na escolha de um determinado modelo para ajustar os dados relativos a tempos de vida, é necessário o uso de métodos gráficos ou analíticos para verificar a hipótese de que os dados seguem determinada distribuição. Os principais métodos de adequação de ajuste (teste de aderência) são: teste analítico de qui-quadrado (χ^2) e o método analítico de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

2.4.4.1 Método Analítico de Qui-quadrado (χ^2)

Este método é um teste de aderência bastante versátil e utilizado para dados agrupados. A definição de elevado valor para o χ^2 tende a resultar em hipótese duvidosa, que é rejeitada quando o seu valor apresenta grau de confiança inferior ao desejado. A prova do χ^2 deve ser utilizada para um elevado número de observações, geralmente acima de 30 (HULTMANN, 2011). Sua fórmula pode ser representada pela equação 2.22:

$$\chi^2 = \sum_i^n \frac{(x_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.22)$$

sendo:

x_i = classificação do valor acumulado;

E_i = classificação do valor estimado acumulado para a distribuição assumida.

2.4.4.2 Método Analítico de Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Este teste consiste na comparação das frequências acumuladas observadas com as estimadas pela distribuição do ajuste, e pode trazer melhores resultados com menor quantidade de informações. A comparação é feita usando-se as frequências acumuladas, e não as frequências agrupadas que são usadas na prova de qui-quadrado.

É adequado no uso em conjunto com curvas probabilísticas, desde que baseado em uma classificação acumulada das informações, procedendo da seguinte forma: tabular a classificação dos intervalos de dados, determinar o valor máximo, comparar com o valor apropriado de K-S que pode ser obtido na tabela de valores críticos para a estatística do teste K-S a partir do tamanho da amostra e do nível de significância desejado (HULTMANN, 2011).

2.4.5 Métodos para Estimativa de Parâmetros de Tempos de Falha

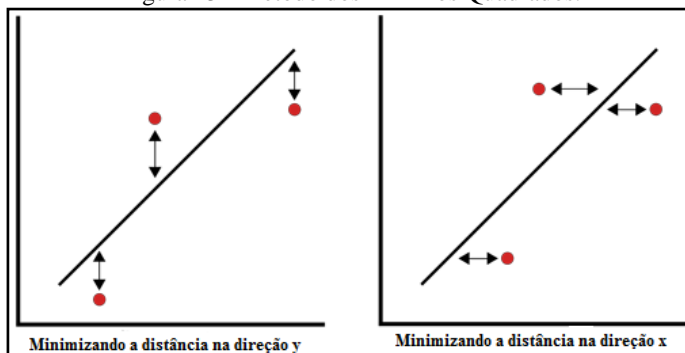
Uma vez escolhida a distribuição para os tempos até a falha, é necessário determinar os parâmetros que descrevem os dados. Existem vários métodos de estimação, entre os quais se destacam o método dos mínimos quadrados e o de máxima verossimilhança (HARTER e MOORE, 1965; CORDEIRO 1992; FONSECA, 2012).

2.4.5.1 Método dos Mínimos Quadrados

O método dos mínimos quadrados é utilizado para medir a correlação linear da informação com a equação da reta com melhor aderência aos dados inseridos. Este método permite o alinhamento da reta sobre os pontos em relação ao eixo Y ou ao eixo X, como pode ser observado na Figura 13.

A linha mais próxima da distribuição apresentada pelos dados é chamada de linha de retorno, e a aderência obtida pelo método dos mínimos quadrados é chamada de coeficiente de correlação. O coeficiente de correlação permite verificar a adequação do modelo linear aos dados e significa o quão próximo os pontos estão em relação à curva assumida na regressão linear.

Figura 13 - Método dos Mínimos Quadrados.



Fonte: Adaptado de Reliasoft (2006b).

O método é usualmente aplicado na análise de dados completos de tempos até a falha. Sua vantagem é de existir muitos pacotes de *softwares* estatísticos que disponibilizam a resolução de problemas por esse método. Como desvantagem encontra-se o fato de não ser aplicável a dados censurados (ELSAYED, 1996; NIST/SEMATECH, 2006).

2.4.5.2 Método da Máxima Verossimilhança

Um estimador de máxima verossimilhança tem por finalidade determinar quais são os parâmetros para a distribuição de probabilidade em estudo que mais provavelmente se aplicariam a uma dada amostra. Isso pode ser conseguido através do desenvolvimento da função de verossimilhança para as observações e obtenção de sua expressão logarítmica, que é então derivada em relação aos parâmetros. As equações resultantes são igualadas a zero e resolvidas simultaneamente, obtendo-se assim a melhor estimativa dos parâmetros que maximizam a função de verossimilhança (ELSAYED, 1996; RELIASOFT, 2006c).

Este método apresenta a vantagem de poder ser aplicado a uma ampla variedade de situações de estimação de parâmetros, além de possuir propriedades desejáveis de otimização (à medida que o tamanho da amostra aumenta, a variância da estimativa dos parâmetros diminui). Outra grande vantagem deste método é trabalhar com um conjunto de dados com suspensões relativamente grandes, o que torna a técnica uma ferramenta mais poderosa do que os outros métodos. O tamanho da amostra necessário para alcançar essas propriedades pode ser muito grande, acima de 30 falhas, dependendo da aplicação. Suas

desvantagens são a de usualmente demandar cálculos matemáticos complexos, especialmente se intervalos de confiança forem requeridos e possuírem estimadores altamente tendenciosos quando se tem amostras pequenas (NIST/SEMATECH, 2006; RELIASOFT, 2006c).

3 METODOLOGIA

Nesta seção busca-se descrever os principais aspectos metodológicos empregados na elaboração do modelo estrutural, que teve como foco central o estudo de confiabilidade para EMAs.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com os objetivos desta pesquisa, trata-se de um estudo de tipologia exploratório-descritivo. Quanto à sua natureza, classifica-se como pesquisa aplicada, ao qual se busca gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, tomando por referência o levantamento bibliográfico e contato com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado.

Em relação aos seus procedimentos técnicos, ela é do tipo estudo de campo, visto que a pesquisa é desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado (GIL, 2007). Quanto à forma de abordagem do problema, ela se classifica como pesquisa quantitativa e qualitativa.

3.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

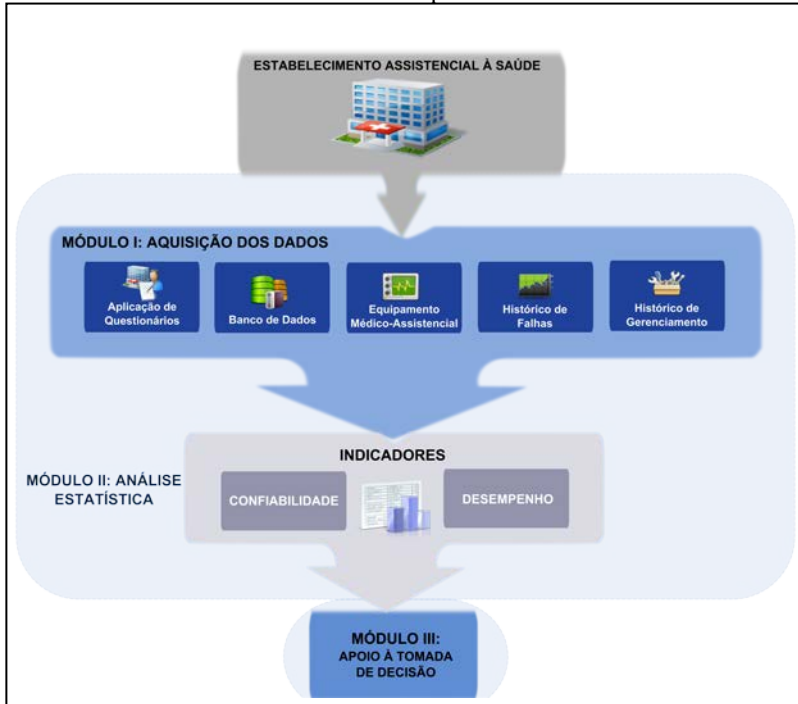
Tomando por base o referencial teórico, é proposta uma metodologia estratégica baseada no processo de gerenciamento de tecnologias para analisar a confiabilidade de EMAs na fase de utilização do ciclo de vida. A metodologia está fundamentada em um modelo estrutural de atuação da EC, conforme apresentado na Figura 14.

O modelo estrutural proposto para obter indicadores de confiabilidade está dividido em três módulos. No módulo I são obtidos parâmetros de vida útil dos equipamentos em utilização. Através do banco de dados do EAS e da aplicação de questionários são coletadas informações gerenciais e de segurança dos equipamentos, histórico das manutenções, e respectivas incidências de falhas.

No módulo II é realizada a análise estatística dos tempos de falha dos EMAs. Com base no processamento destas informações podem-se gerar múltiplos indicadores de gerenciamento, os quais fornecem subsídios para que os gestores de saúde direcionem ações estratégicas para minimizar o decréscimo da confiabilidade. Portanto, o módulo III

atua como uma ferramenta de apoio baseada em fatos adquiridos para a tomada de decisão.

Figura 14 - Modelo estrutural de gerenciamento de tecnologias para obter indicadores de confiabilidade e de desempenho de EMA em estruturas de EC.



Os tópicos seguintes detalham as etapas e ferramentas necessárias para a aplicação da metodologia proposta.

3.2.1 Módulo I: Aquisição dos Dados

A coleta de dados é a etapa mais importante para estudos envolvendo inferência estatística. Para a estimativa de valores de confiabilidade, a proposta inicialmente condiciona definir o EAS. Dessa forma, é necessária a identificação do equipamento, a sua marca, modelo, data de instalação, histórico do gerenciamento da manutenção, o respectivo setor e sua taxa de utilização.

Na análise de confiabilidade são obtidos indicadores de falhas que são influenciados pelas características dos equipamentos, dos

usuários, das instalações e do gerenciamento. Buscando avaliar parâmetros de utilização é proposto inicialmente coletar dados através de um questionário. Para isso, torna-se necessário definir os objetivos do instrumento de avaliação. A ferramenta deve consistir de perguntas objetivas que visem mapear o processo ao qual se está estudando; identificando as características do ambiente, dos usuários e da tecnologia. Essa consideração, busca avaliar aspectos funcionais relacionados ao processo tecnológico, identificação de riscos, e questões técnicas dos equipamentos, sob o ponto de vista dos atores envolvidos.

Posterior a esta etapa, existe a necessidade de coletar informações do gerenciamento do ciclo de vida dos equipamentos. Considera-se que o registro destas informações, tratadas como ordens de serviços (OS), constitui-se em uma parte fundamental da metodologia proposta. A partir das OS a equipe de EC pode acompanhar a vida útil dos equipamentos, avaliar e monitorar seu desempenho, acompanhar gastos com manutenções e ainda pode direcionar políticas de manutenção mais eficazes para garantir um bom desempenho dos equipamentos, por sua vez, oferecendo maior segurança para os pacientes.

Para organizar os históricos de falha de cada EMA é necessário realizar o levantamento das atividades de manutenção. A organização dos registros pode ocorrer de forma manual ou informatizada, de tal modo que possa ser facilmente interpretado. Os registros devem conter data e hora da solicitação e transcrição sucinta da atividade realizada para identificar a política de manutenção executada.

Destaca-se que várias fontes podem interferir na estimação dos parâmetros de confiabilidade, como exemplo, a imprecisão no registro do tempo da ocorrência da falha, a falta de padronização das atividades e/ou falhas e o usuário encarregado pela descrição da atividade realizada. Condicionado a esses eventos, o que se busca é sintetizar as informações observando a realidade habitual de cada EAS para executar a análise dos dados da melhor maneira possível.

Com base nos registros das manutenções é proposto identificar a incidência de falha por equipamento desde a sua data de instalação até a data da análise. Nestes registros, o número de MC pode estar relacionado ao número de chamadas e não necessariamente a falhas do equipamento. Para definição da sua ocorrência, considera-se falha sempre que o equipamento não realiza a sua função requerida.

Tendo em vista que a falha em equipamento pode ocorrer em virtude de várias causas, foi proposta a classificação de acordo com o modelo de GTMH, este apresentado na Figura 1, o qual está fundamentado em três domínios: infraestrutura, recursos humanos e

tecnologia. As falhas de infraestrutura podem se referir a falhas decorrentes de queda de tensão ou por fatores ambientais. Falhas causadas por recursos humanos decorrem da falta de informação, montagem e/ou uso inadequado, também denominadas falhas humanas. As falhas relacionadas à tecnologia estão relacionadas com o próprio equipamento (internas), como o caso de falhas mecânicas, elétricas, de *software* e por desgaste.

Uma vez realizado o processamento dos dados são gerados os tempos entre falha corrigidos pela taxa de utilização de cada equipamento. A taxa de utilização pode ser quantificada a partir do horímetro dos equipamentos (*Hour meter*). Este recurso mostra quantas horas o equipamento está em operação, todavia, não são todas as tecnologias que dispõem deste artifício. Nesta situação, é indicado realizar um levantamento acerca da taxa de uso dos equipamentos nos seus respectivos setores, considerando a taxa de ocupação dos leitos e a disponibilidade operacional dos equipamentos. Os valores estimados representam um período de utilização corrigido do tempo de utilização do equipamento.

Desta forma, a análise estatística dos dados se refere até a data da coleta dos respectivos indicadores supracitados, os quais são utilizados no cálculo de confiabilidade e de desempenho.

Tendo em vista a diversidade de EMAs em fase de utilização torna-se necessário também fazer algumas considerações na análise dos indicadores de desempenho. Para cálculos de *MTBF* e *MTTR* os dados selecionados devem apresentar as mesmas condições de utilização para evitar dispersão dos dados. Isto inclui equipamentos com a mesma finalidade de uso e instalados em mesmos ambientes, e que também apresentem tempo de vida útil e taxa de utilização semelhante.

3.2.2 Módulo II: Análise Estatística

Na aplicação de métodos estatísticos para realizar a avaliação do fenômeno em estudo, a literatura indica o uso de ferramentas computacionais, pois possibilitam análises gráficas e realizam cálculos que necessitariam de maior esforço, como no caso de uma grande quantidade de dados (FERREIRA e CYMROT, 2012).

Para atingir o objetivo principal do trabalho é utilizado o *software* comercial Weibull++7® da Reliasoft. Ele possui diversas ferramentas de análise permitindo vários tipos de cálculo e relatórios automatizados, incluindo a escala Weibull. Ainda dispõe de recursos gráficos para os

dados de confiabilidade de forma simultânea. Permite analisar todos os tipos de dados (completos, censuras à direita ou suspensos, censuras à esquerda, intervalos e censuras múltiplas), além de entrar com dados individuais ou observações em grupo. O *software* é baseado no uso de planilhas de inserção de dados, com base no formato de entrada dos dados escolhido. Ele calcula rapidamente indicadores de confiabilidade, probabilidade de falha, *MTBF* e taxa de falha.

3.2.2.1 Indicadores de Confiabilidade

Considerando que os EMAs podem acarretar algum tipo de risco ao paciente, é importante o acompanhamento dos mesmos nas condições reais de utilização. Nessa situação, para a análise dos dados de vida ou análise dos tempos de falha, todos os dados obtidos em campo devem ser considerados, o que evidencia o histórico do equipamento em fase de utilização. Desta maneira, os dados devem ser classificados em falhas ou suspensões.

Fazendo-se uso do *software* Weibull, a escolha do formato de entrada dos dados refere-se a “Dados de tempo até a falha” e “Meu conjunto de dados contém suspensões”. As observações amostrais são inseridas em duas colunas no *software*, uma contendo a classificação de falha ou suspensão e a outra com os tempos entre falhas.

Posteriormente, é realizado o ajuste da distribuição de probabilidade que melhor se adapta aos tempos de falha do equipamento (teste de aderência). As distribuições consideradas para a análise referem-se à distribuição exponencial, lognormal e Weibull dois parâmetros. Para definir a distribuição mais adequada ao conjunto de dados, o *software* recorre a três fatores: teste de Kolmogorov-Smirnov, Coeficiente de Correlação Normalizado e o Valor de Máxima Verossimilhança. Estes valores são ponderados e combinados para formar um valor global. Quanto mais baixo este valor, mais apropriada é a distribuição. Tratando-se de dados com censuras, para estimativa dos parâmetros das distribuições, é utilizado o Método de Máxima Verossimilhança. Na avaliação estatística é utilizado o método Rank Mediano e considerado um intervalo de confiança de 90% pelo Método da Matriz de Fisher.

3.2.2.2 Indicadores de Desempenho

A organização do modelo estrutural condiciona a organização dos indicadores de desempenho. Para cada ocorrência de falha, há um registro, de onde provêm os dados para a obtenção do *MTBF* e *MTTR*. Tais parâmetros de confiabilidade são medidas referenciais para o cálculo da disponibilidade.

3.2.3 Módulo III: Apoio à Tomada de Decisão

A tomada de decisão é o estudo da identificação e escolha de alternativas com base nos valores e preferências do tomador de decisão. Tomar uma decisão implica em existir alternativas a serem consideradas e, nesse caso, queremos não apenas identificar alternativas possíveis, mas escolher uma com a maior probabilidade de sucesso ou eficácia, enquadrando-se com as nossas metas, desejos e objetivos (HARRIS, 2009).

O processo de decisão é iniciado quando a situação atual e a experiência do passado nos leva a tomar algumas medidas. Neste pressuposto, o modelo proposto constitui-se de importantes ferramentas para auxiliar a EC na tomada de decisão no que tange ao gerenciamento de EMAs.

Baseado em fatos passados e atuais, a metodologia permite quantificar e acompanhar o uso das tecnologias durante a fase de utilização do ciclo de vida, banindo a subjetividade e propiciando as correções necessárias sobre os processos que devem ser controlados.

4 ESTUDO DE CASO

Conforme já apresentado na Figura 14, a metodologia proposta para analisar a confiabilidade de EMAs está fundamentada em um modelo estrutural. Este modelo de gerenciamento de tecnologias contempla a aquisição dos dados, a análise estatística e a tomada de decisão fundamentada na análise de falhas.

Com o propósito de demonstrar a utilização da metodologia elaborada, identificar potenciais, barreiras e limitações, foi conduzido um exemplo de aplicação. Para esta finalidade, foram incluídos cinco hospitais públicos de Florianópolis que utilizam metodologias desenvolvidas pelo IEB-UFSC e dois hospitais particulares que também realizam atividades típicas de EC, tal como gerenciamento do parque tecnológico. Por motivos de confidencialidade, não serão identificados os EAS.

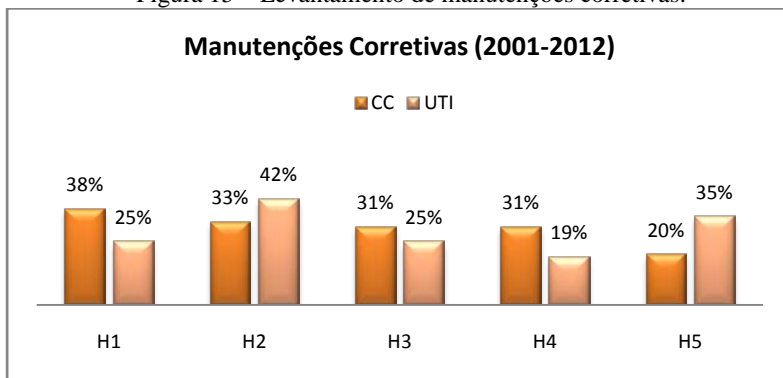
4.1 DEFINIÇÃO DO SETOR

Segundo Yin (2001), o estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode-se incluir tanto estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa.

Para o trabalho proposto, inicialmente, foi realizado o levantamento dos registros de MC dos EMAs cadastrados nas bases de dados dos sistemas informatizados dos cinco EAS públicos vinculados ao estudo de caso. Com o processamento das informações, foi possível identificar que os setores como Centro Cirúrgico (CC) e Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) possuem maior ocorrência de MC em EMA. Essa observação compreendeu o período de 2001 a 2012. A Figura 15 demonstra os percentuais das MC nesses setores.

Reunindo estas informações e visando um exemplo de aplicação para potencializar e organizar as ações de gTMH desenvolvidas pela EC, foi realizado o estudo de caso em UTIs dos EAS vinculados a essa pesquisa. Além de ser um ambiente peculiar, que demanda decisões rápidas, com pacientes críticos que demandam de assistência contínua, a unidade também necessita de uma equipe multiprofissional especializada e de recursos tecnológicos necessários ao diagnóstico, monitorização e terapia.

Figura 15 – Levantamento de manutenções corretivas.



Baseado na RDC/ANVISA nº 07, de 24 de fevereiro de 2010, que dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento das UTIs, foram identificados parâmetros de recursos humanos, tecnologia e infraestrutura. Para recursos humanos, o documento determina que a equipe da UTI deva participar de programas de treinamentos periódicos. Para recursos materiais, a resolução determina a quantidade de equipamentos por leitos; e quanto a aspectos de infraestrutura física, devem ser seguidos os requisitos estabelecidos na RDC/ANVISA nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Todas as exigências contidas na RDC nº 07/2010, a qual entrou em vigor em fevereiro de 2013, devem ser seguidas na íntegra pelas UTIs do país, sejam públicas, privadas ou filantrópicas, civis ou militares (BRASIL, 2002b, BRASIL, 2010 e BRASIL, 2013).

No que se refere aos equipamentos necessários, a resolução determina que esses devam estar regularizados junto à ANVISA. Do mesmo modo, devem ser mantidas na unidade instruções escritas referentes à utilização dos equipamentos, que podem ser substituídas ou complementadas por manuais do fabricante em língua portuguesa. Para os equipamentos em uso e em reserva operacional, devem ser realizadas MP e MC de acordo com periodicidade estabelecida pelo fabricante ou pelo serviço de EC da instituição (BRASIL, 2010e).

4.2 DEFINIÇÃO DOS EMAs

Para verificar a magnitude do modelo estrutural proposto, bem como para a obtenção dos resultados e sua validação, identificaram-se

os principais equipamentos necessários ao diagnóstico, monitorização e terapia em UTI segundo a RDC nº 07/2010 e a Portaria MS nº 3.432, de 12 de agosto de 1998 (BRASIL, 1998; BRASIL, 2010d).

Com o apoio das equipes de EC do IEB-UFSC, procurou-se observar e identificar o processo de gerenciamento desses equipamentos durante a fase de utilização. Dessa forma, selecionaram-se dois EMAs para o estudo de caso, esses classificados por meio de parâmetros de priorização quanto ao uso pretendido, nível de complexidade e nível de risco ao paciente e usuário:

- Ventilador Pulmonar: equipamento de suporte à vida, média complexidade e alto risco, codificado por VTP.
- Bomba de Infusão: equipamento de monitorização intensivo, média complexidade e médio risco. Optou-se pela bomba de infusão de seringa, codificada por BIF, em virtude das bombas peristálticas possuírem contrato em comodato, fato que poderia comprometer o levantamento dos dados quanto ao histórico de manutenções realizadas pelas empresas terceirizadas.

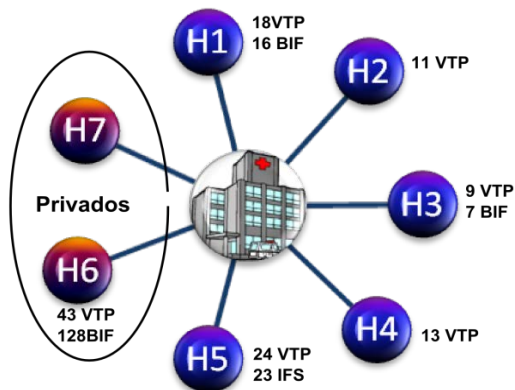
4.3 TAMANHO DA AMOSTRA

Com base nos registros de manutenções de cada EMA, estes foram revisados e filtrados, pois, muitos dos equipamentos não apresentavam histórico de atividades de manutenção documentadas e cadastradas no sistema de apoio de gerenciamento, havia inconsistência na data de abertura e fechamento das OS, e outros eram equipamentos muito antigos e obsoletos, ou ainda, não apresentavam histórico de falhas. Considerou-se que trabalhar com dados nestas condições poderia induzir a conclusões pouco precisas sobre as taxas de falha em campo.

Desta forma, foram excluídos 136 EMAs, resultando em 292 equipamentos. A Figura 16 indica os EAS vinculados a essa pesquisa, esses por sua vez, codificados por H1, H2, H3, H4, H5, H6 e H7, bem como as respectivas quantidades dos EMAs utilizados na análise.

Na Figura 16 é possível observar os dois EAS privados, codificados por H6 e H7. Os demais referem-se aos EAS públicos abrangidos pelo programa de GTMH da rede de hospitais públicos com estruturas de EC da Secretaria do Estado de Saúde de Santa Catarina (SES/SC).

Figura 16 - Identificação dos EAS e seus respectivos EMAs.



Faz-se uma ressalva. Ao analisar os dados do hospital H7, estes por sua vez não puderam ser incluídos na análise de confiabilidade, tendo em vista que as OS não expressavam condições reais de utilização dos equipamentos. O referido hospital está implantando a sua EEC e uma das suas metas é organizar essas atividades. Para tanto, os documentos fornecidos foram avaliados, porém não utilizados para fins estatísticos.

4.4 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos na Universidade Federal de Santa Catarina através do sistema Plataforma Brasil e aprovado por meio do processo Nº 144.421/2012, o qual forneceu uma declaração descrevendo que a pesquisa é adequada e relevante. No mesmo processo, foi necessário incluir a declaração de compromisso com a Resolução CNS 196/96 contendo todas as instituições co-participantes.

Assim, uma vez apreciado pela instituição proponente, o projeto foi replicado automaticamente para todos os demais centros envolvidos. No entanto, somente três instituições estavam utilizando o sistema Plataforma Brasil, embora o objetivo seja uma base unificada de registros de pesquisas. De modo semelhante, quatro dos EAS onde a pesquisa foi conduzida solicitaram apreciação do projeto para aprovação por seu comitê de ética interno. Ambos os comitês delegaram-se favoráveis ao desenvolvimento da pesquisa.

4.5 VALIDAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso tem por objetivo validar o modelo estrutural de gerenciamento para EMAs em fase de utilização. Para essa situação, são apresentados os recursos necessários para desenvolvimento e aplicação dos instrumentos de avaliação, e os ensaios práticos para aplicação da metodologia proposta.

4.5.1 Instrumento de Avaliação

Com o objetivo de avaliar parâmetros de uso e de gerenciamento dos equipamentos em análise, bem como identificar os principais perigos e eventos adversos provocados com a sua utilização, foi proposta a aplicação de um questionário ao corpo técnico das EEC e outro ao corpo clínico das UTIs.

Os sujeitos da pesquisa foram identificados a partir da RDC nº 07/2010 Seção II – Recursos Humanos, a qual designa equipes multiprofissionais formadas por no mínimo um responsável técnico médico, um enfermeiro coordenador da equipe de enfermagem, um fisioterapeuta coordenador da equipe de fisioterapia e um técnico de enfermagem.

De acordo RDC nº 07/2010 o corpo clínico das UTIs são designados por um responsável técnico médico, um enfermeiro coordenador da equipe de enfermagem e por um fisioterapeuta coordenador da equipe de fisioterapia. O que determina o número de profissionais nas UTIs são os número de leitos. Desse modo, no levantamento da população foram considerados os números de leitos ativos em cada unidade. Foi considerado que a cada leito, dois profissionais da saúde estariam incluídos na amostra. De modo semelhante, um engenheiro clínico ficaria responsável em fornecer informações da sua EEC em cada EAS. O levantamento da população encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Levantamento da população do estudo.

TAMANHO DA AMOSTRA	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TOTAL
Nº LEITOS ATIVOS	12	23	10	11	20	68	20	164
ENGENHEIRO CLÍNICO	1	1	1	1	1	1	1	7
CORPO CLÍNICO	24	46	20	22	40	136	40	328

Segundo a teoria da amostragem, a população descrita caracteriza-se como uma população finita e muito pequena (tamanho da

população menor que 500) (REA e PARKER, 2002). Nesta situação, uma amostra de 50% da população é suficiente para um nível de precisão necessário. Assim, pode-se esperar uma amostra mínima de 167 participantes, já incluindo os engenheiros clínicos.

4.5.1.1 Desenvolvimento e Aplicação do Instrumento de Avaliação

Após definido o objetivo do instrumento de avaliação a construção do questionário consistiu em introduzir perguntas relacionadas ao problema pesquisado. Para isso, foi analisado o questionário de Hashimoto *et al.* (2012), o manual de tecnovigilância da ANVISA, assim como, manuais de fabricantes e literatura complementar. Os conteúdos foram adaptados e utilizados no processo de investigação de falhas em EMAs. Quanto à escolha do tipo de questão, utilizou-se a classificação proposta na literatura estudada: perguntas abertas, fechadas e de múltipla escolha.

Os questionários passaram por uma revisão interna junto ao orientador da pesquisa, posteriormente pelo comitê de ética da UFSC e por todos os comitês de ética dos EAS vinculados à pesquisa. O colegiado multidisciplinar avaliou o projeto dentro de suas respectivas áreas de conhecimento, de acordo com as diretrizes de seu ambiente de trabalho e, desta forma, concordaram com todas as perguntas sugeridas.

No entanto, cabe salientar que é importante a realização do pré-teste, porque é provável que não se consiga prever todos os problemas e/ou dúvidas que podem vir a surgir durante a aplicação do mesmo.

No instrumento aplicado ao corpo clínico, conforme Apêndices A e B há três tendências na busca de informações: primeiro a caracterização da situação atual das capacitações do corpo clínico das UTIs, segundo está a avaliação quanto às consequências físicas decorrentes de falhas provocadas com a utilização dos EMAs em estudo, terceiro, constam aspectos técnicos para identificação de falhas. Já no instrumento aplicado aos engenheiros clínicos, conforme Apêndice C consta perguntas associadas às atividades de EC, de gerenciamento, e aspectos técnicos dos equipamentos em estudo.

Quanto a técnica de coleta dos dados, esta ocorreu com o envolvimento da chefia de enfermagem e da equipe de EC, para posteriormente abordar os profissionais da saúde dentro das suas

unidades. Ambos os instrumentos foram identificados na parte superior do questionário, de modo a identificar o EAS.

4.5.1.2 Análise dos Dados e Estatística

Ao final da pesquisa, foi obtido um retorno de 227 questionários respondidos. Deste total, 34% representam os EAS públicos e 66% os EAS privados.

Após a conferência dos questionários, as variáveis do estudo foram analisadas inferencialmente com o auxílio do *software* estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 20.0. A análise compreendeu analisar a associação entre as variáveis categóricas por meio do qui-quadrado (χ^2). Para isto, foi utilizada a tabela de referência cruzada (*Crosstabs*).

O teste do χ^2 permite descobrir se um conjunto de frequências observadas difere de outro conjunto de frequências esperadas, ou seja, este teste verifica se a nossa hipótese de pesquisa é a nossa previsão de como duas variáveis podem estar relacionadas entre si (DANCEY e REIDY, 2013). As frequências mínimas esperadas em cada classe devem ser ≥ 5 e a associação existe quando o valor de $p < 0.05$.

É comum os testes apresentarem hipótese nula, ou seja, se a hipótese de pesquisa declara haver relacionamento entre as duas variáveis, então a hipótese nula afirma que não existe relacionamento entre as duas variáveis (DANCEY e REIDY, 2013). Nesta situação, para valores de $p > 0.05$ a hipótese nula indica que não existe diferença entre as condições.

O teste de hipóteses não se limita a investigar o relacionamento entre duas variáveis, ele também estuda diferenças entre grupos. Assim, várias foram as hipóteses de pesquisa, essas verificando associações das respostas entre os indivíduos do estudo, bem como associações entre grupos, esses divididos entre os participantes dos EAS públicos e privados.

5 RESULTADOS

Nesta seção busca-se descrever os resultados da metodologia empregada nos hospitais estudados. Em um primeiro momento são apresentadas evidências do instrumento de avaliação na perspectiva dos atores em saúde quanto à prática de uso e consequência das falhas. Posteriormente, é apresentada a análise de confiabilidade para os EMAs.

5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Uma análise com o χ^2 foi realizada para descobrir se há relação significativa entre treinamento, problema de interface com o usuário, mau uso da tecnologia e falta de informação, entre os indivíduos da pesquisa que utilizam o VTP e BIF. A Tabela 1 apresenta os valores de probabilidade obtidos.

Tabela 1 – Nível de significância para as análises individuais.

Análise Individual		VTP	BIF
Hipóteses Testadas		p	p
Treinamento	Problema de interface com usuário	0,02	0,05
	Mau uso da tecnologia	0,01	0,77
	Falta de informação	0,25	-

É possível concluir que existe associação significativa entre os participantes que receberam treinamento com os ventiladores pulmonares à problema de interface e mau uso da tecnologia. Para os usuários que utilizam a BIF, foi possível identificar que existe associação significativa apenas para problema de interface. Isso evidencia que mesmo os usuários que recebem treinamento ainda apresentam deficiências de usabilidade.

Uma análise entre os contextos privados e públicos foi realizada para identificar se há associação significativa entre as hipóteses anteriormente citadas. A Tabela 2 apresenta os valores de probabilidade obtidos. Para as BIF foi possível observar que há significância estatística para ambas as hipóteses testadas, e para o VTP, somente para problema de interface com o usuário. As demais hipóteses foram rejeitadas.

Tabela 2 – Nível de significância para as análises em grupo.

Análise em Grupo		VTP	BIF
Hipóteses Testadas		p	p
EAS Públicos e Privados	Problema de interface com usuário	0,03	0,006
	Mau uso da tecnologia	0,15	0,04
	Falta de informação	0,46	-

Ao examinar a associação do treinamento entre os contextos públicos e privados, para ambas as tecnologias, essa mostrou divergência, demonstrando que o corpo clínico das UTIs dos EAS privados recebe mais treinamento que o corpo clínico dos EAS públicos. O nível de significância foi de $p > 0,78$ para VTP e valor $p > 0,81$ para a BIF. Analisando os dados, foi possível identificar que apenas 31,8% dos participantes dos EAS públicos já passaram por algum treinamento com o VTP e 37,9% com a BIF. Nos EAS privados observa-se 68,2% para ventilador e 62,1% para bomba de infusão. Os participantes que receberam treinamento relatam nos questionários que os treinamentos não ocorrem com tanta frequência, na maioria das vezes quando há incorporação de novos modelos.

Buscou-se também observar se há associação em relação à gravidade do dano. Para isto, foram testadas hipóteses para o nível de criticidade entre os contextos públicos e privados. Foi possível identificar para o VTP que para o dano catastrófico e desprezível não há associação de probabilidade, sendo a maior ocorrência (69%) dessas categorias no contexto privado. Em contraste, foi observada que para o dano crítico e marginal existe uma probabilidade associada a essas ocorrências. Quando analisada a relação da gravidade do dano para as BIF, a hipótese nula foi rejeitada para todas as associações. Identificou-se que as ocorrências são mais frequentes (62,1%) no contexto privado. A Tabela 3 reflete nas probabilidades.

Tabela 3 – Nível de significância para gravidade do dano.

Análise em Grupo		VTP	BIF
Hipóteses Testadas		p	p
Gravidade do dano	Crítico	0,05	0,48
	Marginal	0,04	0,15
	Desprezível	0,09	0,37
	Catastrófico	0,54	0,39

Quando realizada a hipótese para verificar associação de quem considera necessário avaliar os riscos relacionados aos problemas funcionais do VTP, e se estes avaliam que uma falha coloca em risco a segurança pessoal, essa foi rejeitada. Porém, quando considerada a premissa de que a falha do equipamento coloca em risco a segurança pessoal e se essa afeta a continuidade do processo, em ambas as hipóteses entre os sujeitos da pesquisa observaram-se que há associação significativa em relação à hipótese testada. Esta abordagem permitiu compreender que as aleatoriedades de como as questões estão dispostas no questionário, identificaram se realmente era aquela a opinião do participante. Após, reescrevendo o item de uma forma diferente, mas que também influi no mesmo julgamento da questão anterior, foi possível se certificar adequadamente do controle das variáveis.

Quando testada a possibilidade da falha colocar em risco as instalações físicas e esta interromper a continuidade do processo, a hipótese nula foi rejeitada. Para tanto, a mesma análise foi realizada com a BIF, e essa não apresentou associação para as hipóteses testadas.

A Tabela 4 mostra a distribuição relativa sobre os aspectos continuidade do procedimento (interrompe todo o processo, parte do processo, não afeta) e as consequências das falhas (graves, pouco graves, sem gravidades) provocadas após uma falha com a utilização dos equipamentos em análise. Referente as ações necessárias com a detecção de uma falha, todos os participantes relatam que devem ser realizadas ações imediatas com o VTP. Para os usuários da BIF, esses relatam que 84% das ações devem ser imediatas, 13,6% relatam alguma urgência e 7% relatam que não há nenhuma gravidade na ocorrência de uma falha.

Tabela 4 - Identificação das consequências das falhas no processo de utilização dos EMAs em estudo.

Continuidade do Processo			
EMAs	Todo processo	Parte processo	Não afeta
VTP	74%	25%	1%
BIF	59%	38%	3%
Consequências das falhas			
EMAs	Graves	Pouco graves	Sem gravidade
VTP	91%	7%	2%
BIF	64%	29%	7%

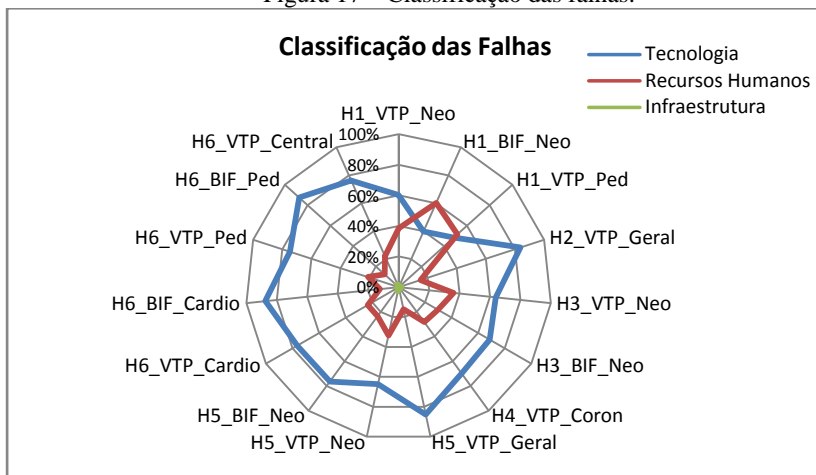
5.2 MODELO ESTRUTURAL

Neste item são apresentadas algumas características dos registros de falhas dos equipamentos, a realização do teste de aderência para as distribuições de probabilidades associadas e a análise dos indicadores de confiabilidade e desempenho propostos pelo modelo.

5.2.1 Caracterização das Falhas

A classificação das falhas proposta refere-se a todas as falhas que possam interferir no correto funcionamento do equipamento, a considerar: a falha da própria tecnologia, a falha de infraestrutura e a falha humana. Convencionou-se identificar a falha humana ao termo recursos humanos, tendo em vista que a ocorrência da falha está diretamente associada a falha do usuário. A Figura 17 ilustra a contabilização por classe da causa.

Figura 17 – Classificação das falhas.



Os dados revelam que o H1 é o EAS que apresenta maior ocorrência de falha humana com BIF e VTP. O fator humano esteve presente em 60% das ocorrências para BIF na unidade neonatal. Para os ventiladores é possível identificar em relação às unidades pediátrica e neonatal, 52% e 38%, respectivamente. O H3 também apresenta um percentual mais elevado que os demais, e são registradas ocorrências de

36% para VTP e 30% para BIF. Posteriormente, está o H5 com 24% das falhas humanas para BIF e 32% para VTP na unidade neonatal. Já no H6, as falhas humanas encontram-se associadas em maior percentual aos VTP (22%) e em menor escala para as BIF (12%).

As Tabelas 5 e 6 representam as médias por hospitais considerando os três tipos de falhas utilizados na análise. Os dados revelam que as falhas por equipamentos diferem estatisticamente entre os EAS.

Tabela 5 – Percentuais de falhas dos VTP.

EAS	Tecnologia	Recursos Humanos	Infraestrutura
H1	54%	45%	1%
H2	84%	15%	1%
H3	64%	36%	0%
H4	70%	28%	2%
H5	75%	24%	1%
H6	76%	22%	2%

Tabela 6 – Percentuais de falhas das BIF.

EAS	Tecnologia	Recursos Humanos	Infraestrutura
H1	40%	60%	0%
H3	69%	30%	2%
H5	76%	24%	0%
H6	88%	12%	0%

Em virtude dos resultados obtidos, é possível inferir que o fator humano é um fator representativo na análise de confiabilidade. Considerando a média das falhas dos VTP e BIF é possível constatar que 70% das falhas estão relacionadas à tecnologia, 28% a recursos humanos e aproximadamente 2% à infraestrutura.

Para isso, verifica-se a necessidade de treinamentos periódicos e específicos para a contenção de falhas, pois a desqualificação técnica dos usuários no uso do equipamento é uma fonte de risco à segurança do paciente. Isso se confirmou através das descrições das OS quanto à falta de conhecimento dos profissionais durante os procedimentos de utilização. As unidades solicitam o atendimento de reparo com a informação de que o EMA não funciona, sendo neste caso, identificado

pelas EEC que esses relatos não procedem, pois incluem erros de operação e de montagem, ou mau uso da tecnologia.

5.2.2 Caracterização dos Defeitos

Quanto à caracterização dos defeitos dos EMAs a análise foi realizada em função do contexto privado e público. O sistema informatizado do EAS privado (H6) possui campos fechados para o cadastramento das atividades de gerenciamento e utiliza uma codificação interna para categorização dos defeitos, o que facilita a interpretação dos dados.

Para os EAS públicos (H1-H5) não há padronização dos defeitos. Os sistemas de informações de gerenciamento possuem campos abertos, os quais não contemplam textos padrão e algumas atividades apresentam descrições extensas, outras, sucintas e diretas. Como não há descrição precisa do defeito, a classificação foi realizada de maneira subjetiva com o auxílio da equipe de EC.

Com a caracterização das informações foi possível identificar que os principais defeitos referem-se a elétrico e/ou eletrônico. No EAS privado, 53% destes defeitos referem-se ao VTP e 91% à BIF. Nos EAS públicos, 46% dos referidos defeitos correspondem ao VTP e 70% à BIF.

Em decorrência da falta de padronização das atividades, várias foram as visitas de campo junto às EEC. Nas ocasiões discutiu-se com as equipes os procedimentos de utilização e de gerenciamento dos equipamentos. Em consenso verificou-se a necessidade de melhoria na qualidade dos registros.

Mesmo não existindo uniformidade destas variáveis, cabe a cada instituição de saúde organizar suas informações, incluindo novas percepções quanto ao gerenciamento das manutenções, sempre tendo como pressuposto que o banco de dados possa ser utilizado para gerar indicadores do processo tecnológico em saúde, fomentando decisões baseadas em fatos adquiridos e/ou qualitativos.

5.2.3 Teste de Aderência

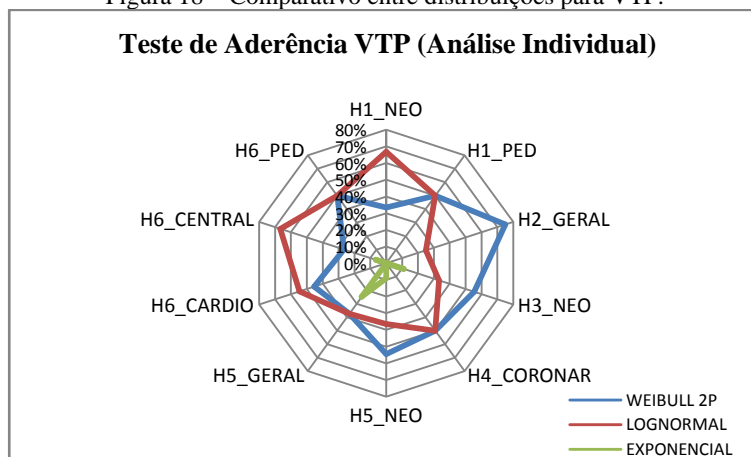
Os registros de falhas dos EMA foram organizados por hospitais e seus respectivos setores. Considerando a taxa de utilização de cada equipamento foram gerados os tempos entre falhas corrigidos. Inicialmente, os tempos entre falhas dos EMAs foram inseridos

individualmente ao *software* Weibull® e realizado o teste de aderência. Este teste permite identificar qual distribuição se adapta melhor aos dados. Após a realização do teste com as observações individuais, os tempos de falha dos equipamentos foram reclassificados por marcas e modelos dentro de seus respectivos setores e inseridos por observações em grupo ao *software*. As análises são apresentadas na sequência.

5.2.3.1 Teste de Aderência para Observações Individuais

Considerando a análise individual dos tempos de falha dos equipamentos foi possível verificar que as distribuições Weibull e lognormal apresentam um melhor ajuste aos dados quando comparadas à distribuição exponencial. Os resultados podem ser observados nas Figuras 18 e 19.

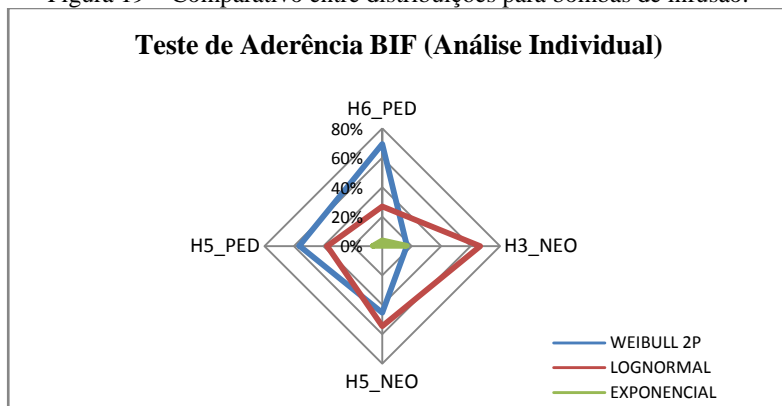
Figura 18 – Comparativo entre distribuições para VTP.



As frequências obtidas na Figura 18 demonstram que para os EAS codificados por H1 (UTI Pediátrica), H4 (UTI Coronariana), H5 (UTI Geral) e H6 (UTI Pediátrica) os dados se aderem tanto à distribuição de Weibull quanto à lognormal. Para o H1 (UTI Neonatal) e H6 (UTI Central), verifica-se que os dados se ajustam em 67% das observações com a distribuição lognormal. Nos EAS H2, H3 e H5 (ambas unidades neonatais) é possível observar que há uma forte

tendência para a distribuição Weibull. As frequências observadas referem-se a 75% para o H2, 56% para H3 e 55% para H5.

Figura 19 – Comparativo entre distribuições para bombas de infusão.



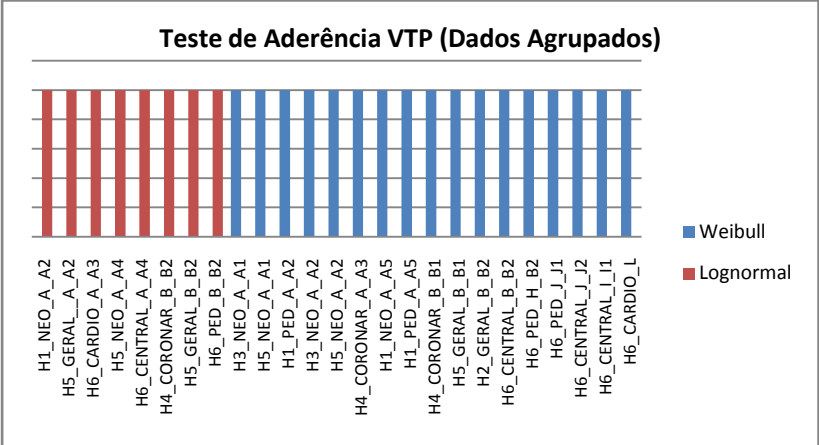
As frequências apresentadas na Figura 19 indicam que nas unidades pediátricas a distribuição Weibull apresenta um melhor ajuste aos dados. São observadas frequências de 69% para o H6 e 56% para o H5. Para a distribuição lognormal, verifica-se um ajuste de 27% para o H6 e 38% para o H5. Nas unidades neonatais é a distribuição lognormal que se ajusta melhor aos dados, com 55% no H5 e 67% no H3. Na unidade neonatal do H3 a distribuição Weibull e exponencial apresentam desempenho igual em 17%. Na unidade neonatal do H5 a distribuição Weibull refere-se a 45% dos ajustes.

5.2.3.2 Teste de Aderência para Observações em Grupo

Para analisar o comportamento dos modelos de probabilidade para as observações em grupo, os dados de falhas de todos os EMAs foram classificados por marcas e modelos dentro de suas respectivas unidades. Para isso, foram considerados equipamentos com características de uso similar para evitar dispersão dos dados. Foram omitidos dados que caracterizassem os fabricantes. Deste modo, os equipamentos estão representados pelo EAS, seguido da unidade ao qual está alocado, marca e respectivo modelo.

Nas Figuras 20 e 21 é possível visualizar a caracterização dos dados em função da análise estatística realizada pelo teste de aderência.

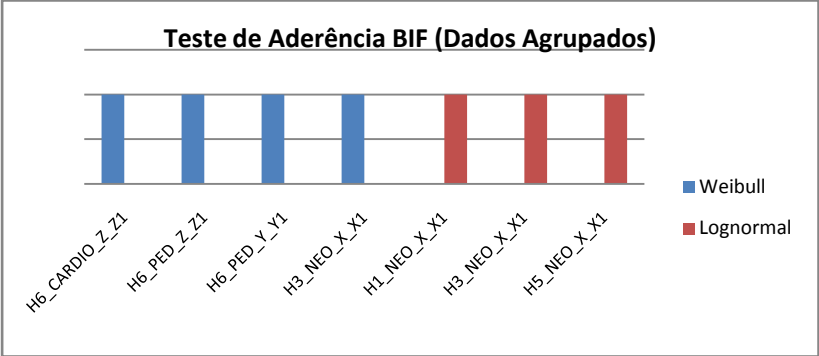
Figura 20 – Teste de aderência com os dados agrupados para VTP.



Os testes indicam na Figura 20 que 60% dos dados se aderem à distribuição Weibull e 40% à distribuição lognormal. O comportamento dos dados apresentou variação em função de marca, modelo e setor, o que também se evidenciou na análise individual. Isto tudo demonstra a importância da realização do teste de aderência para ajustar os dados, pois mesmo considerando ambientes com características semelhantes, a seleção da distribuição pode diferir sobre vários aspectos: especialidade clínica, disponibilidade dos equipamentos, taxa de utilização e, principalmente, as características das falhas.

De modo semelhante, é possível identificar na Figura 21 que a distribuição Weibull apresenta um ajuste a 66,66% das observações e a distribuição lognormal de 33,33%.

Figura 21 – Teste de aderência com os dados agrupados para BIF.



Assim sendo, é notável que a distribuição Weibull apresenta um comportamento favorável quando comparada a distribuição exponencial e lognormal no estudo de falhas com os equipamentos, cuja análise refere-se a sistemas ligados em série. Isso confirma a sua flexibilidade para modelar os dados a outras distribuições estatísticas e a sua aplicação em problemas práticos de manutenção.

5.2.4 Análise dos Indicadores de Confiabilidade

O *software* Weibull® foi utilizado com objetivo de obter parâmetros de confiabilidade, taxa de falhas, probabilidade de falhas e *MTBF* dos EMAs.

Assim como no teste de aderência, a análise estatística procedeu-se de forma individualizada num primeiro momento. Para os cálculos dos parâmetros de falhas foram consideradas as três distribuições (exponencial, lognormal e Weibull dois parâmetros).

A análise de confiabilidade dos equipamentos transcorreu para cada EAS e suas respectivas unidades. Os resultados encontram-se no Apêndice D. Os parâmetros gerados correspondem ao comportamento da taxa de falha, *MTBF* e a confiabilidade do equipamento para intervalos de 30, 60, 90, 120 e 180 dias, esses apresentados em horas. Essa análise permitiu identificar as variações dos parâmetros de cada distribuição estatística, no entanto, como já mencionado, a análise final deve ser descrita pelo julgamento da distribuição de probabilidade mais adequada aos tempos de falha do equipamento.

Na condução do trabalho, os dados foram inseridos no *software* de forma agrupada considerando as mesmas observações do teste de aderência. Para esta análise, consideraram-se intervalos de três meses para o cálculo da confiabilidade.

As Tabelas 7 e 8 apresentam os parâmetros obtidos com a aplicação do *software* Weibull®. Para cálculo dos parâmetros foi utilizada a distribuição Weibull.

A Tabela 7 demonstra variação no desempenho dos equipamentos quanto a marcas e modelos. Em relação às características das falhas, essas indicam que todos equipamento da Marca A, Modelo A2 apresentam taxas de falhas prematuras ($\beta < 1$). As demais análises descrevem taxas de falhas constantes ($\beta = 1$) e crescentes ($\beta > 1$) dependendo do equipamento.

Quanto ao parâmetro η , esse indica que existe uma probabilidade de falha associada ao equipamento de 63,2% dentro do respectivo tempo

indicado. Considerando este parâmetro, tem-se que até o referido tempo a confiabilidade do equipamento encontra-se em 36,8%. Ou seja, para o primeiro equipamento, a probabilidade de falha em 63,2% corresponde a um período de 3,5 meses.

Tabela 7 – Levantamento de parâmetros de confiabilidade para VTP considerando observações em grupo.

EMAs		β	η (horas)	MTBF (meses)	Taxa_Falha (h(t))	R(t) 3 meses	R(t) 6 meses	R(t) 9 meses	R(t) 12 meses
H1	Neo_A_A2	0,68	2649	5	2,00E-04	41,87%	24,81%	15,94%	10,50%
	Neo_A_A5	1,13	5436	7	2,00E-04	70,27%	46,23%	29,54%	18,02%
	Ped_A_A2	0,70	1604	3	4,00E-04	29,19%	13,53%	7,01%	3,76%
	Ped_A_A5	1,03	4726	6	2,00E-04	63,96%	40,18%	25,07%	15,16%
H2	Geral_B_B2	1,01	4090	6	2,00E-04	59,25%	34,75%	20,30%	11,48%
H3	Neo_A_A1	1,03	1620	2	6,00E-04	26,03%	6,38%	1,52%	0,33%
	Neo_A_A2	0,85	3612	5	2,00E-04	52,48%	31,19%	19,26%	11,88%
H4	Coronariana_A_A3	1,38	11049	14	1,00E-04	90,09%	76,14%	62,02%	48,42%
	Coronariana_B_B1	1,00	3062	4	3,00E-04	49,36%	24,43%	12,11%	5,78%
	Coronariana_B_B2	0,78	6498	10	1,00E-04	65,42%	48,30%	36,87%	28,31%
H5	Neo_A_A1	0,69	2142	4	3,00E-04	36,58%	19,77%	11,73%	7,15%
	Neo_A_A2	0,90	6940	10	1,00E-04	70,34%	51,98%	39,04%	29,18%
	Neo_A_A4	1,07	1099	1	1,00E-03	12,71%	1,31%	0,12%	0,01%
	Geral_A_A2	0,75	14615	24	4,92E-05	78,84%	67,02%	58,11%	50,62%
	Geral_A_A1	0,72	1713	3	4,00E-04	30,70%	14,35%	7,45%	3,98%
	Geral_B_B1	0,76	8459	14	8,66E-05	70,22%	54,92%	44,21%	35,81%
	Geral_B_B2	1,00	15438	21	6,51E-05	87,05%	75,71%	65,83%	56,78%
H6	Cardiológica_A_A3	0,53	14565	37	2,71E-05	69,31%	58,99%	52,04%	46,52%
	Cardiológica_A_A4	0,21	21706	30	2,51E-07	53,65%	48,78%	45,83%	43,60%
	Cardiológica_L	0,98	5178	7	2,00E-04	65,51%	43,32%	28,74%	18,68%
	Ped_A_A2	0,50	6420	18	5,45E-05	55,90%	44,00%	36,62%	31,12%
	Ped_A_A3	0,58	10375	23	4,56E-05	66,70%	54,68%	46,65%	40,37%
	Ped_B_B2	1,23	8679	11	1,00E-04	83,55%	65,52%	49,79%	36,36%
	Ped_H	1,05	5291	7	2,00E-04	67,63%	44,55%	29,04%	18,35%
	Ped_J	1,00	5883	8	2,00E-04	69,28%	47,99%	33,24%	22,55%
	Central_A_A4	0,73	8334	14	8,35E-05	68,96%	53,92%	43,54%	35,44%
	Central_B_B2	1,23	5497	7	2,00E-04	72,86%	47,55%	29,39%	16,95%
	Central_I	1,02	5896	8	2,00E-04	69,78%	48,26%	33,26%	22,40%

Sob o ponto de vista da segurança baseada na confiabilidade, quanto maiores os prejuízos associados à falha, maior é a confiabilidade exigida do equipamento. Nesta concepção, considerando a UTI um setor que demanda atendimento contínuo para seus pacientes, não pode correr o risco de paralisação de um equipamento durante procedimento.

Para garantir a durabilidade do equipamento e seu funcionamento seguro, os manuais de fabricantes dos VTP indicam a periodicidade da MP a cada um ano ou a cada cinco mil horas de uso. Porém, assumindo uma probabilidade de falha em 30% ao final dos períodos considerados, somente duas marcas não apresentariam falha para um período de seis meses. Os equipamentos referem-se ao H4_Marca A_Modelo A3 e ao H5_Marca B_Modelo B2. Deste modo, ao assumir uma probabilidade de falha em 30% é aceitável que os intervalos das MP ocorram a cada 3 meses e não mais para 1 ano, de modo a garantir uma confiabilidade aceitável e maior segurança aos pacientes. Esta consideração está de

acordo com a proposta de Calil e Teixeira (1998), a qual indica a periodicidade da MP para os VTP a cada três meses.

Na Tabela 8 consta o levantamento dos parâmetros de confiabilidade para as BIF. É possível verificar que somente os equipamentos da Marca Z apresentam um padrão de falhas crescente ($\beta > 1$).

Tabela 8 – Levantamento de parâmetros de confiabilidade para BIF considerando observações em grupo.

EMAs	β	η (horas)	MTBF (meses)	Taxa_Falha (h(t))	R(t) 3 meses	R(t) 6 meses	R(t) 9 meses	R(t) 12 meses
H1_Neo_X_X1	0,84	9810	15	8,48E-05	75,65%	60,61%	49,42%	40,30%
H3_Neo_X_X1	0,68	5403	10	1,00E-04	58,38%	42,33%	32,28%	25,00%
H5_Neo_X_X1	0,69	10105	18	6,32E-05	70,84%	57,34%	47,91%	40,41%
H6_Ped_Y_Y1	0,87	18520	28	4,64E-05	85,63%	75,36%	66,89%	59,31%
H6_Ped_Z_Z1	1,20	11623	15	1,00E-04	87,59%	73,74%	60,91%	49,06%
H6_Cardio_Z_Z1	1,01	17121	24	5,91E-05	88,43%	78,03%	68,80%	60,21%

Quando associado uma probabilidade de falha em 30% para as BIF, verifica-se que as Marcas Y e Z apresentam uma confiabilidade superior à Marca X. Para essa situação, a periodicidade da MP pode ser realizada a cada 6 meses para os equipamentos das Marcas Y e Z, de modo a garantir uma confiabilidade aceitável e um funcionamento seguro dentro das especificações para qual foi projetado. O estabelecimento da periodicidade da MP também vai ao encontro com a proposta de Calil e Teixeira (1998), a qual orienta realizar a MP a cada 7,5 meses. Para os equipamentos da Marca X a MP deve ser realizada em intervalos menores, a cada três meses, de modo a garantir um nível de confiabilidade aceitável.

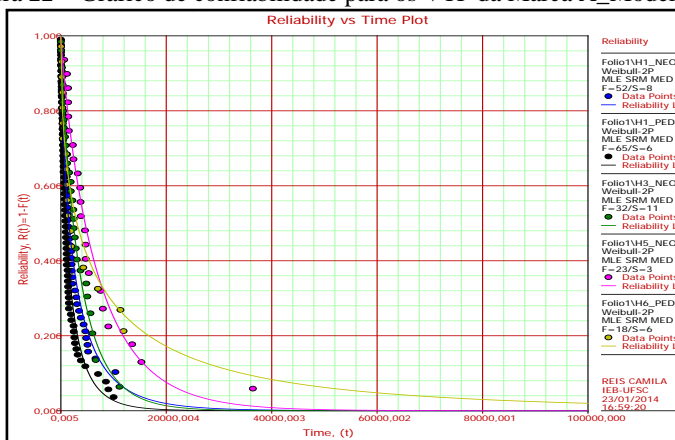
Depois de calculado os parâmetros de falha dos equipamentos, as curvas de confiabilidade ($R(t)$) e taxa de falha ($h(t)$) foram geradas pelo *software* Weibull®. Para fins de demonstração, é apresentado o gráfico de confiabilidade na Figura 26 para os ventiladores da Marca A_Modelo A2.

A posição do eixo x representa os tempos de falha e o eixo y as estimativas de confiabilidade. Os pontos nos gráficos representam cada tempo de falha informado e quanto mais próximo os pontos estiverem da linha de confiabilidade, melhor é o ajuste do modelo.

Os gráficos de confiabilidade podem ser analisados em decorrência dos tempos de falha dos equipamentos. Na Figura 22 é observado um número elevado de falhas prematuras até 8000 horas, o que remete a caracterizar uma taxa de falha decrescente. Essa observação pode ser comprovada através da Tabela 7, onde os valores

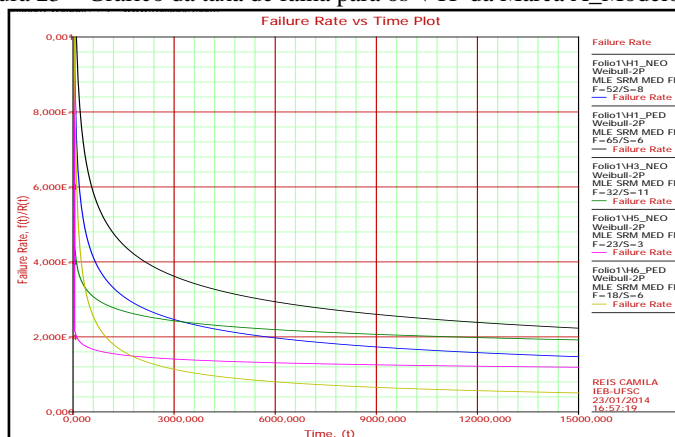
do parâmetro de forma β são menores que 1 (apresentam taxa de falha decrescente) e através da Figura 23 que representa o gráfico da taxa de falha dos equipamentos, ao qual é possível as características dos modos de falhas de cada tecnologia em seus respectivos ambientes.

Figura 22 – Gráfico de confiabilidade para os VTP da Marca A_Modelo A2.



Fonte: Software Weibull++®.

Figura 23 – Gráfico da taxa de falha para os VTP da Marca A_Modelo A2.



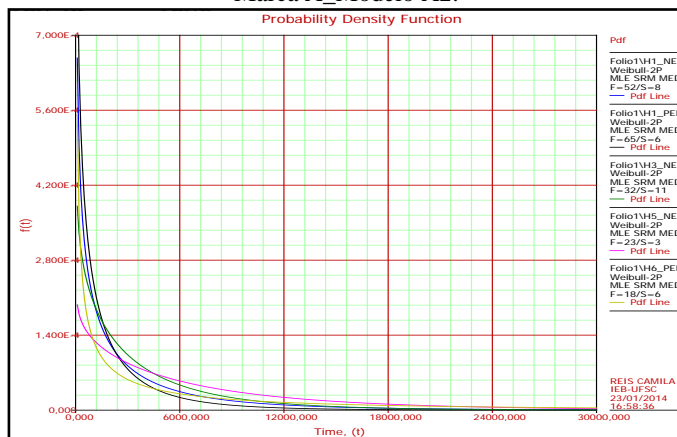
Fonte: Software Weibull++®.

Através do gráfico da Figura 22 é possível verificar que a confiabilidade decresce a medida que o tempo aumenta, tendendo a zero. Essa projeção é realizada automaticamente pelo *software*

Weibull®. Esse parâmetro pode auxiliar na busca das causas da ocorrência do decréscimo da confiabilidade, as quais podem ser atribuídas por diversas razões, tais como: programa de manutenção ineficiente; operação inadequada; equipamento de baixa qualidade; equipamento no fim da vida útil; ou apenas devido à decorrência do tempo.

Para o gráfico da função densidade de probabilidade ($f(t)$), Figura 24, é possível verificar que as curvas apresentam um comportamento decrescente e se assemelham a distribuição exponencial. Esse gráfico serve como indicação visual da distribuição. De acordo com a teoria da distribuição de Weibull, a partir da variação do parâmetro β , a distribuição pode representar outras funções de densidade. Para valores de $\beta=2$ a distribuição se aproxima da lognormal, e quando $\beta=4$, a distribuição se aproxima da distribuição normal, mostrando a flexibilidade da distribuição de Weibull.

Figura 24 – Gráfico da função densidade de probabilidade para os VTP da Marca A_Modelo A2.



Fonte: Software Weibull++®.

Analisando as informações dos gráficos foi possível caracterizar o comportamento dos equipamentos frente à temática análise de falhas. Observou-se que as curvas das taxas de falha ($h(t)$) dos equipamentos podem apresentar comportamentos diferenciados em função da variação na incidência de falhas prematuras, pela existência ou não de um período de taxa de falha constante e pelo tempo em que as falhas por desgastes iniciam.

Para as curvas de confiabilidade ($R(t)$), observou-se que as características das falhas encontram-se relacionadas com os tempos de falha, as quais apresentaram homogeneidade entre as mesmas marcas e modelos independente da localização do equipamento e da taxa de utilização. Este comportamento evidencia que as tecnologias apresentam padrões característicos de vida útil pré-definidos durante o processo produção, o que veio a se confirmar na análise. Esta evidência demonstra a importância que os gráficos assumem e o quão auxiliam no entendimento dos parâmetros calculados.

A curva de confiabilidade traz informações importantes que deve subsidiar a tomada de decisão oferecida pelo modelo estrutural. A integração de indicadores de confiabilidade permite à EEC estabelecer um programa de gerenciamento correspondente às características dos equipamentos, identificar a necessidade de contratos de MP periódicos, como também pode ser um fator decisivo de compra de um equipamento.

Isso tudo indica que a modelagem dos dados contribui para práticas gerenciamento, principalmente na elaboração de planos estratégicos de manutenção. Medidas gerenciais podem ser implantadas com o objetivo de minimizar a ocorrência das falhas e, consequentemente, melhorar o desempenho dos equipamentos e custos com manutenções não programadas. De acordo com Sellito (2005), as distribuições de tempos de falhas permitem definir estratégias de manutenções. Assim, considerando as características das falhas dos EMAs em análise é possível recomendar que para minimizar as falhas prematuras e aleatórias, a estratégia da MC e MPd, acompanhada de treinamento contínuo dos usuários, pode ser um fator determinante para o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos EMA e, de forma análoga, para taxas de falha constante a MP e MPd.

Associada a essas colocações, a metodologia MCC representa uma importante ferramenta na análise de confiabilidade para aperfeiçoar estratégias da manutenção planejadas.

Concluindo a análise de confiabilidade, foi utilizado o teste de comparação do *software* Weibull® que tem como objetivo identificar o quão similar uma população é da outra por meio de intersecção de probabilidades, nesse caso, a confiabilidade. O teste identifica qual dos conjuntos de dados testados resulta na resposta da porcentagem de uma vida maior ou menor entre as populações.

O teste de comparação foi realizado para cada EAS em função das marcas e modelos disponíveis. No EAS H1 foi possível identificar que em ambas as unidades, neonatal e pediátrica, o modelo A5 apresenta

uma probabilidade de falha menor quando comparado ao modelo A2. A análise também foi efetuada entre as UTIs, ao qual foi possível se certificar que modelo A5 apresenta uma confiabilidade maior ao modelo A2. A Tabela 9 apresenta as comparações obtidas para o EAS H1.

Tabela 9 – Comparação entre marcas e modelos no EAS H1.

Teste de Comparação		R(t)
Neo_A_A2	Neo_A_A5	32%
Neo_A_A2	Ped_A_A5	36%
Ped_A_A2	Ped_A_A5	26%
Ped_A_A2	Neo_A_A5	42%

No H3 o modelo A2 apresentou uma confiabilidade de 67% quando comparado ao modelo A1. Considerando os VTP do H4 marca A_modelo A3, esse apresentou uma confiabilidade superior à marca B. Quando realizada a comparação entre os modelos B1 e B2, foi possível identificar que o modelo B2 apresenta uma probabilidade de vida maior. A Tabela 10 apresenta os valores obtidos entre as comparações do EAS H4.

Tabela 10 – Comparação entre marcas e modelos no EAS H4.

Teste de Comparação		R(t)
Coronariana_A_A3	Coronariana_B_B1	66%
Coronariana_A_A3	Coronariana_B_B2	65%
Coronariana_B_B2	Coronariana_B_B1	53%

Para o H5, quando comparado o modelo A1 ao modelo A2 em suas respectivas unidades (neonatal e geral), verificou-se que o respectivo modelo apresenta uma probabilidade de falha maior em relação ao modelo A2. Entre as unidades, o modelo A2 também apresentou uma probabilidade de vida maior quando comparado ao modelo A1. Quanto ao modelo A4, este apresentou uma probabilidade de falha maior aos modelos A1 e A2. A Tabela 11 apresenta os valores obtidos entre as comparações do EAS H4 referente à marca A.

Tabela 11 – Comparação entre equipamentos da marca A no EAS H4.

Teste de Comparação		R(t)
Neo_A_A1	Neo_A_A2	46%
Neo_A_A1	Geral_A_A2	19%
Geral_A_A1	Neo_A_A2	23%
Geral_A_A1	Geral_A_A2	17%
Neo_A_A4	Geral_A_A1	43%
Neo_A_A4	Neo_A_A1	40%
Neo_A_A4	Geral_A_A2	12%
Neo_A_A4	Neo_A_A2	16%

Considerando as marcas A e B uma análise também foi efetuada. Os resultados indicaram que a Marca B apresenta uma probabilidade de vida maior aos equipamentos da marca A. A Tabela 12 apresenta os valores obtidos entre as comparações das marcas A e B.

Tabela 12 – Comparação entre equipamentos da marca A e B no EAS H4.

Teste de Comparação		R(t)
Neo_A_A1	Geral_B_B1	29%
Geral_A_A1	Geral_B_B1	26%
Neo_A_A4	Geral_B_B1	18%
Neo_A_A2	Geral_B_B1	42%
Geral_A_A2	Geral_B_B1	35%
Neo_A_A1	Geral_B_B2	11%
Geral_A_A1	Geral_B_B2	25%
Neo_A_A2	Geral_B_B2	26%
Geral_A_A2	Geral_B_B2	41%
Neo_A_A4	Geral_B_B2	5%

No H6 há maior variedade de marcas e modelos. Na Tabela 13 é possível identificar que o modelo A3 apresentou uma probabilidade de

falha menor em relação ao modelo A2, A4 e B2. As marcas H, I, J e L também apresentaram uma vida maior em relação ao modelo A2.

Tabela 13 – Comparação entre marcas e modelos equipamentos no EAS H6.

Teste de Comparação		R(t)
Cardiológica_A_A3	Central_A_A4	56%
Cardiológica_A_A3	Ped_B_B2	53%
Cardiológica_A_A3	Central_B_B2	60%
Cardiológica_A_A3	Ped_A_A2	66%
Ped_A_A3	Ped_A_A2	70%
Ped_A_A3	Central_A_A4	56%
Ped_A_A3	Ped_B_B2	53%
Ped_A_A3	Central_B_B2	60%
Central_A_A4	Central_B_B2	56%
Central_A_A4	Ped_B_B2	46%
Central_I	Cardiológica_L	53%
Central_I	Ped_H	53%
Central_I	Ped_J	50%
Cardiológica_L	Ped_H	49%
Cardiológica_L	Ped_J	47%
Central_I	Cardiológica_A_A3	40%
Central_I	Ped_A_A3	34%
Central_I	Central_A_A4	45%
Central_I	Ped_A_A2	60%
Central_I	Ped_B_B2	38%

Teste de Comparação		R(t)
Central_I	Central_B_B2	51%
Cardiológica_L	Cardiológica_A_A3	38%
Cardiológica_L	Ped_A_A3	32%
Cardiológica_L	Central_A_A4	42%
Cardiológica_L	Ped_A_A2	58%
Cardiológica_L	Ped_B_B2	35%
Cardiológica_L	Central_B_B2	47%
Ped_H	Cardiológica_A_A3	38%
Ped_H	Ped_A_A3	32%
Ped_H	Central_A_A4	43%
Ped_H	Ped_A_A2	58%
Ped_H	Ped_B_B2	35%
Ped_H	Central_B_B2	48%
Ped_J	Cardiológica_A_A3	40%
Ped_J	Ped_A_A3	34%
Ped_J	Central_A_A4	45%
Ped_J	Ped_A_A2	60%
Ped_J	Ped_B_B2	38%
Ped_J	Central_B_B2	50%

Para as BIF do H6, a análise identificou que a marca Y apresenta uma probabilidade de falha menor quando comparada a marca Z (49,22% na unidade Cardiológica e 40,88% na unidade Pediátrica).

Esta análise só veio a confirmar as informações obtidas com a análise de confiabilidade (Tabelas 7e 8). Assim, pode-se considerar que o modelo de ventilador A2 apresenta um comportamento inferior ao modelo A5 e A3. Para o modelo A1 a análise indicou que este apresenta desempenho inferior ao modelo A2, porém, quando comparado ao modelo A4, este apresenta melhor desempenho. Referente ao modelo B2, este apresentou uma vida maior ao modelo B1, porém, quando comparado a marca A_modelo A3, este apresentou uma probabilidade de falha maior. Por fim, os modelos B1 e B2 apresentaram melhor desempenho aos modelos A1 e A2.

O modelo proposto disponibiliza indicadores de confiabilidade que permitem avaliar as relativas diferenças de confiabilidade entre os fabricantes, se traduzindo em uma ferramenta para a tomada de decisões de compra ou especificações. Para tanto, a incorporação de determinada marca e/ou modelo irá depender dos objetivos de cada instituição.

5.3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Geralmente é apresentado o desvio padrão junto a média do conjunto de dados, no entanto, optou-se por representar o conjunto de dados através da mediana porque ao contrário da média ela não é influenciada por valores extremos. Dessa forma, foi considerado o 1 quartil que representa 25% da amostra ordenada, o 2 quartil que representa a mediana, e o 3 quartil que representa 75% da amostra ordenada.

As Figuras a seguir (25-28) apresentam os indicadores de desempenho em cada EAS.

Figura 25 – MTBF para VTP.

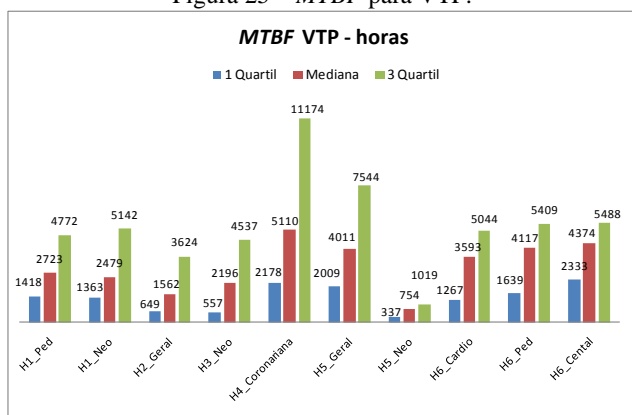


Figura 26 – MTTF para VTP.

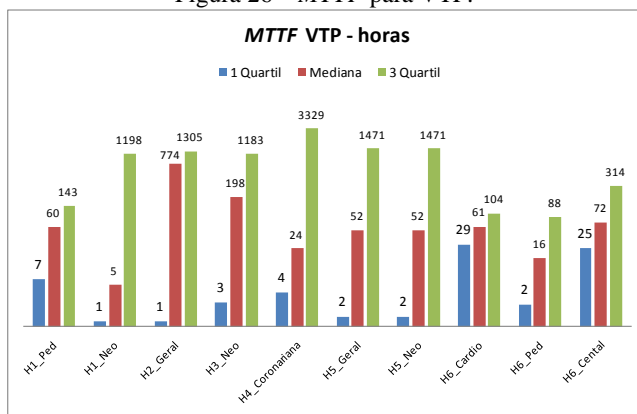
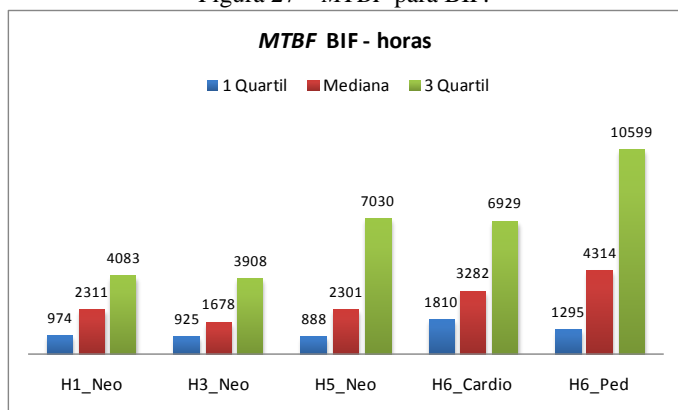
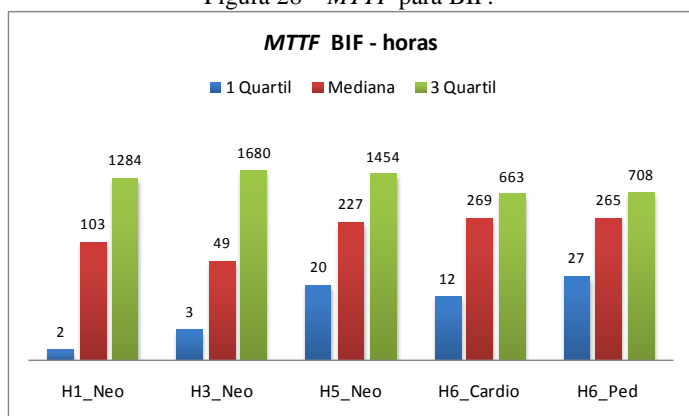


Figura 27 – *MTBF* para BIF.Figura 28 – *MTTF* para BIF.

O tempo de resposta dos serviços de manutenção dos EAS públicos depende de licitações e da autorização das SES/SC, o que influenciou em maiores tempos de reparo. O que se espera é maximizar a prestação de serviços, para isso minimizando o *MTTR* e maximizando o *MTBF*.

Considerando o *MTBF* e *MTTR*, iniciou-se a análise da disponibilidade. De acordo com a classificação proposta por Walid e Sameh (2009), foi possível estimar os valores de disponibilidade dos equipamentos em seus respectivos setores. A Tabela 14 representa esta classificação.

Tabela 14 – Classificação da disponibilidade dos EMAs.

DISPONIBILIDADE (%)	VTP	BIF
Excelente (95 a 100)	H1_Pediátrica H6_Pediátrica	H6_Pediátrica
Muito Boa (90 a 94,9)	H1_Neonatal H6_Central H6_Cardiológica	H6_Cardiológica
Boa (80 a 89,9)	H5_Geral	H5_Neonatal
Média (70 a 79,9)	H2_Geral H3_Neonatal H4_Coronariana	H1_Neonatal H3_Neonatal
Muito Baixa (<60%)	H5_Neonatal	-

A utilização de indicadores correlacionados apoia e dá suporte às atividades de EC, os quais permitem acompanhar as tendências do ciclo de vida das tecnologias. No que se refere especificamente ao processo de manutenção de equipamentos, a estruturação do modelo para os indicadores de desempenho tende a caracterizar-se pela busca contínua de melhorias, onde a otimização dos resultados operacionais são extremamente dependentes da eficácia desse processo.

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho está voltado para o desenvolvimento de uma metodologia para analisar a confiabilidade de EMAs em fase de utilização. Esse modelo de gerenciamento contempla a aquisição dos dados, a análise estatística e o apoio à tomada de decisão. Através da sua aplicação, são coletadas evidências operacionais de todo o processo tecnológico em saúde, o que permite obter indicadores objetivos que retratam a realidade local de cada EAS. Dessa forma, a EC pode aportar soluções gerenciais e administrativas, de modo que os gestores em saúde possam empregar esses indicadores na GTMH.

Com o propósito de verificar a potencialidade do modelo estrutural, foi realizado um estudo de caso em sete EAS. Este estudo possibilitou processar dados de mais de 290 EMAs. A partir da análise dos registros de falhas, foi possível gerar indicadores de confiabilidade e de desempenho relacionados ao serviço de gerenciamento da manutenção dos EAS. Isto demonstra que a metodologia, além de determinar o índice de confiabilidade de um equipamento, também permite gerar evidências associadas às práticas da manutenção, assim fomentando o apoio à tomada de decisão.

Para implementar de maneira eficiente a metodologia proposta, é necessário que exista no EAS uma base de dados completa, confiável e atualizada do histórico gerencial dos equipamentos, incluindo todos os procedimentos de manutenção. Quando realizado o estudo de caso, foi possível identificar a dificuldade e, ao mesmo tempo, a necessidade de padronização das informações em nível assistencial.

Na situação atual dos EAS vinculados a essa pesquisa, a metodologia teve que ser adaptada a cada contexto em saúde. As bases de dados dispõem de muitas informações e organizar esses registros não é uma tarefa trivial, principalmente por apresentar terminologias ambíguas na caracterização das falhas e das tarefas executadas. Do mesmo modo, foi identificada a necessidade de treinamentos periódicos ao corpo clínico das UTIs. A solução para esse problema é um desafio, uma vez que não são formalizados protocolos de treinamento e consensos da equipe clínica. Essas percepções já vêm sendo discutidas pelas EEC e, ambos os EAS vinculados a essa pesquisa, enfrentam limitações diárias quanto a essas temáticas. Nesse pensamento, cabe aos profissionais envolvidos no gerenciamento e uso das tecnologias corroborarem no provimento de ações que beneficiem a qualidade dos serviços.

A modelagem dos dados de falha se mostrou adequada para caracterizar a política de manutenção ao comportamento das taxas de falha dos equipamentos, e, que para cada situação, há uma melhor metodologia a ser empregada, pois equipamentos de mesma classe podem apresentar metodologias de manutenções distintas.

Face às atuais práticas de manutenção e às características das falhas, existe a necessidade de otimizar estratégias de manutenção apropriadas aos EMAs, em ambos os contextos de saúde estudados, de modo a evitar falhas catastróficas e reduzir os custos durante o ciclo de vida. A classificação dos modos de falhas indicou que 70% das ocorrências estão relacionadas a falhas da própria tecnologia. Desse modo, com a adoção de melhores práticas de manutenção, é possível aumentar o *MTBF* e, conseqüentemente, a confiabilidade desses equipamentos. Como vimos, essa classificação dos modos de falhas permite avaliar a tecnologia, a equipe de EC que a mantém e a equipe da área de saúde que a utiliza.

Considerando os indicadores de desempenho foi possível identificar que as observações dos tempos de falhas e de reparos dos equipamentos em análise apresentam valores extremos. Nesta situação, optou-se por utilizar a mediana ao invés da média, pois ela representou melhor os dados que têm essa característica. A mediana não é influenciada por valores extremos visto que ela é uma medida essencialmente vinculada à posição que ocupa num conjunto ordenado. Assim, se um valor for demasiado grande ou pequeno, estes não afetarão o cálculo da mediana, ao contrário da média, que é influenciada por valores ou muito grandes ou muito pequenos, mesmo que surjam em pequeno número da amostra. Neste caso, verificou-se que os dados seguem a uma distribuição assimétrica à direita, em que a média não descreveu adequadamente o centro da distribuição, o que justificou a utilização da mediana.

O modelo também oferece subsídios para a tomada de decisão de compra de uma tecnologia. Separando por marcas e modelos, é possível estimar a confiabilidade dos equipamentos com relação ao histórico de falhas. A partir dessa análise é possível definir em cada EAS quais as tecnologias que apresentam menor probabilidade de falha. Para essa situação de análise, foi possível identificar, com o auxílio do *software* Weibull® que as marcas A e B, modelos A3 e B2, apresentaram uma confiabilidade superior às demais marcas. Para as bombas de infusão, os equipamentos da marca Z apresentaram menor probabilidade de falha. Desse modo, é preferível optar pela aquisição dessas marcas e modelos, pois, a relação custo-benefício satisfaz os objetivos da proposta: dar

suporte as atividades da EC no gTMH, disponibilizar equipamentos seguros, confiáveis e efetivos, e principalmente, zelar pela qualidade dos serviços em saúde e segurança dos pacientes.

A utilização de indicadores correlacionados permite que os gestores avaliem o comportamento das marcas de equipamento e as relativas diferenças de confiabilidade entre os fabricantes, o que vem a apoiar as atividades de gerenciamento da EC e contribuir em melhores práticas de trabalho. Isso indica que as distribuições de probabilidades sob o enfoque paramétrico utilizadas na análise dos tempos de falha refletem a veracidade das informações e, nesse caso, a distribuição Weibull, comprovou ser adequada a diversas situações práticas, contribuindo na obtenção de indicadores de confiabilidade de EMAs.

Além destes aportes, a análise de confiabilidade aliada à metodologia da MCC revela uma potencial contribuição para prover uma melhor operacionalização quanto aos modos de falhas dos equipamentos. A sua aplicação busca desenvolver programas de manutenção eficazes para o controle das variáveis que impactam na confiabilidade do equipamento. Nessa situação, é recomendável expandir a sua integração para métodos gerenciais, como FMEA, para identificar as causas e efeitos das falhas dos equipamentos. Em conjunto, essa técnica permite identificar a causa do problema e sugere uma ação de bloqueio para solucionar os problemas que influenciam negativamente na confiabilidade dos equipamentos.

As evidências operacionais também permitiram identificar que os serviços em saúde, sejam públicos ou privados, estão fortemente influenciados pelos três domínios do processo tecnológico em saúde. O processo de análise de falha é um ótimo caminho para que possamos registrar os principais eventos relacionados à tecnologia, gerando um histórico rico em informações para uma tomada de decisão futura.

Enfatiza-se que as evidências de campo resgatadas fornecem informações valiosas na fase de utilização dos EMAs. O intuito destas observações é gerar alertas aos gestores e principalmente contribuir no gTMH para aprimorar a qualidade do serviço em saúde.

Apesar da importância da implementação de metodologias para análise da confiabilidade de equipamentos médicos, isso ainda não é uma prática comum nos hospitais brasileiros. Portanto, é importante a discussão sobre este tema, difundindo sua aplicação e objetivando sua incorporação.

7 TRABALHOS FUTUROS

No decorrer dessa pesquisa surgiram novas possibilidades de trabalho. Dentre elas podemos citar:

- i. Aprimorar a metodologia proposta através de um sistema de gestão integrado que utilize técnicas de *data-mining* para realizar a associação dos dados e, dessa forma, aplicar os algoritmos de confiabilidade. Esse sistema deverá ser capaz de apoiar a tomada de decisão através da implementação de técnicas de mineração que detectam padrões ou comportamentos e assim permitir ou realizar a predição das falhas dos EMAs. Ao mesmo, esse sistema poderá integrar outros indicadores de desempenho como disponibilidade e custos de manutenção.
- ii. Determinar o intervalo adequado para manutenção (preventiva, preditiva ou detectiva) com base no tempo de desgaste do componente e/ou equipamento.
- iii. Integrar a metodologia MCC de forma simultânea com indicadores de confiabilidade e mapear o processo de utilização no que diz respeito ao histórico de falhas e de manutenção dos EMAs.
- iv. Desenvolver uma proposta para classificar e padronizar as falhas de equipamentos médicos.

8 REFERÊNCIAS

ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção. A situação da manutenção no Brasil. Documento Nacional. **In: 26º Congresso Brasileiro de Manutenção**. Curitiba, Paraná. 2011. Disponível em <http://www.abraman.org.br/Arquivos/7/7.pdf>. Acesso em: 07 novembro 2012.

AKAO, Y. Quality Function Deployment (QFD): Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.

ALBORNOZ, L. J. C. **Determinação do Ciclo de Vida dos Equipamentos Médico-Hospitalares**. 2000. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ALVES, C. G. **Análise de Confiabilidade em Fadiga. Estudo de Caso: Braço de Controle de Suspensão Automotiva**. 2008. 150 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade de Campinas, São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Brasileira 5462 . Rio de Janeiro, 1994.

BANKS, J.; REICHARD, K.; DRAKE, M. System Reliability and Condition Based Maintenance. Annual *Reliability and Maintainability Symposium*. p.423-427, 2008.

BEASLEY, L. J. Reliability and Medical Device Manufacturing. **IEEE Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1995.

BEVILACQUA, M.; BRAGLIA, M.; GABRIELLI, R. Monte Carlo Simulation approach for a modified FMECA in a power plant. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 16, p. 313-324, 2000.

BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J. **Logistics Engineering and Management**. 6th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2003.

BLASHE, M. K.; SHIRIVASTAVA, B. A. Defining Failure of Manufacturing e Equipment. *Proceedings of Annual Reliability and Maintainability Symposium*. p. 69-75, 1994. VOLUME???

BLOOM, N. B. **Reliability Centered Maintenance: implementation made simple**. New York: McGraw-Hill, 2006.

BRAIDOTTI JUNIOR, J. W. A falha não é uma opção. Documentação Nacional – ABRAMAN. In: **26º Congresso Brasileiro de Manutenção 2011**. Curitiba, PR, 2011. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/Arquivos/192/192.pdf>. Acesso em: 14 novembro 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 3.432, de 22 de agosto de 1998**. Brasília, 1998. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4d02b9004745871490c4d43fbc4c6735/PORTARIA+N%C2%BA+3.432-1998.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 01 de agosto de 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 185, de 22 de outubro de 2001**. Brasília, 2001. Dispõe sobre orientação sobre registro, cadastramento, alteração, revalidação e cancelamento do registro de produtos médicos. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2001/185_01rdc.htm. Acesso em: 01 de agosto de 2012.

_____. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**. Brasília, 2002a. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/equipamentos_gerenciament01.pdf. Acesso em: 04 de novembro de 2012.

_____. **RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002b.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Tecnovigilância. A Engenharia Clínica como estratégia na Gestão Hospitalar**. 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/tecnovigilancia/capitulo4.pdf>. Acesso em: 06 de agosto de 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Tecnovigilância: abordagens para a vigilância sanitária de produtos para a saúde comercializados no Brasil.** Brasília: Anvisa, 2008.

_____. Pesquisa Saúde. **Ciclo de vida útil de equipamentos eletromédicos nos estabelecimentos assistenciais de saúde.** Brasília, 2009a. Disponível em:
<http://pesquisasaude.saude.gov.br/bdgdecit/projeto.php?codigo=307>. Acesso em: 14 novembro 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Rede Sentinela.** Brasília, 2009b. Disponível em:
<http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/hsentinela/historico.htm>. Acesso em: 04 de novembro de 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Gerenciamento de Tecnologias em Saúde em estabelecimentos de saúde.** Brasília, 2010a. Disponível em:
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Servicos+de+Saude/Assunto+de+Interesse/Organizacao+dos+Servicos+de+Saude/Gerenciamento+de+Tecnologias+em+Saude>. Acesso em: 10 outubro 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2010. **Manual para Regularização de Equipamentos Médicos na ANVISA.** Brasília, 2010b. Disponível em:
http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/991239804745928e9ae1de3fbc4c6735/manual_EquipMed_Anvisa_abr_10.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 10 outubro 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 02, de 25 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde. Brasília, 2010c. Disponível em: <http://www.brasilsus.com.br/legislacoes/anvisa/102722-2.html>. Acesso em: 08 janeiro 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Tecnovigilância: abordagens para a vigilância sanitária de produtos para a saúde comercializados no Brasil.** Brasília, 2010d. Disponível em:
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/378e9d00474587af9170d5>

3fbc4c6735/manual_tecnovigilancia.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 14 novembro 2011.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 7, de 24 de fevereiro de 2010**. Dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências, 2010e. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/hotsite/segurancadopaciente/documentos/rdfs/RDC%20N%C2%BA%207-2010.pdf>. Acesso em: 02 julho 2011.

_____. **Estudos de Avaliação para Incorporação de Equipamentos Médico-Assistenciais**. Brasília, 2013. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_estudos.pdf. Acesso em: 09 junho 2013.

CALIL, S. J.; TEIXEIRA, M. S. *Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares*. Faculdade de Saúde Pública da UFSC. Série Saúde e Cidadania. São Paulo: Fundação Peirópolis. 1998.

CARDOSO, G. B.; CALIL, S. J. Estudo do processo de análise de referência aplicado à engenharia clínica e metodologia de avaliação de indicadores de referência. Campinas: 1999. In: HOLSBACH, L. R;

CASTRO, H. F. **Otimização da Confiabilidade e Disponibilidade em Sistemas Redundantes**. Dissertação de Mestrado, Unicamp, São Paulo, Brasil, 2003.

CHEN, Q.; WEI, Y.; QIN, J. Software Reliability Allocation with Safety Concerns In Medical Devices. **IEEE Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)**, 2012 Proceedings – Annual, p.1-5, 2012.

CLARK, J. T. Health Care Technology Replacement Planning. In: _____. **Clinical Engineering (Handbook)**. USA: Califórnia. 2004. p. 153-155.

COHEN, T. Medical and Information Technologies Converge, **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, vol. 23(3), pp. 59-65, March 2004.

CORDEIRO, G.M. **Introdução a Teoria da Verossimilhança**, In: X Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, UFRJ, Rio de Janeiro, 1992.

CROWE, D.; FEINBERG, A. *Design for Reliability*. Boca Raton: CRC Press, 2001. 220 p.

DANCEY, C. P. REIDY, J. Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. 5ª ed. 2013. Editora Artmed.

DAVID, Y. Trends in Clinical Engineering Practices. **Revista Ingeniería Biomédica**, Colombia, v.2, n.4, p.15-20, jul./dez. 2008.

DESHPANDE, V. S.; MODAK, J. P. Application of RCM to a medium scale industry. *Reliability Engineering e System Safety*, v. 77, n. 1, p. 31-43, 2002.

DIAS, A. **Metodologia para análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos**. 1996. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, São Paulo, 1996.

DUEK, C. **Análise de confiabilidade na manutenção de componente mecânico de aviação**. 2005. 119f. Dissertação (Mestrado em Produção) – Área de Concentração Qualidade e Produtividade, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

DYRO, J. **Clinical Engineering Handbook**. Burlington: Elsevier - Academic Press. 2004. 674 p.

ECRI. Health Devices Inspection and Preventive Maintenance System. Plymouth Meeting, PA, ECRI, 1995.

_____. **Health Devices: Top 10 Health Technology Hazards**.

Disponível em:

https://www.ecri.org/Documents/Secure/Health_Devices_Top_10_Hazards_2013.pdf>. Acesso em: 25 Abril 2013.

ELSAYED, E. *System reliability engineering*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, 1996.

FARRERO, J. C.; TARRÉS, L. G.; LOSILLA, C. B. Optimization of replacement stocks using a maintenance programme derived from reliability studies of production systems. *Industrial Management e Data Systems*, v. 102, n. 4, p. 188-196, 2002.

FERREIRA, D. S.; CYMROT, R. Uso do software R no tratamento estatístico de dados na Engenharia. In: Anais do Congresso de Iniciação Científica do Inatel. 2012.

FIRMINO, P. R. A.; MOREIRA, P. I. C.; CHIKUSKI, R. T. M.; DROGUETT, E. L. Diagramas espirais, método auxiliar para a resolução ótima de árvores de falhas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIV, 2004, Florianópolis. Anais. Porto Alegre: ABEPRO, 2004.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. São Paulo: Campus - Elsevier, 2009.

FONSECA, D. R. **Um Novo Mecanismo para a Transformação de Resultados Provenientes de Testes de Vida Acelerado para Resultados Estimados em uma Condição Normal de Uso Através da Utilização da Lei de Distribuição de Maxwell**. 146 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Tecnologia da Construção. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

FREITAS, M. A.; COLOSIMO, E. A. Confiabilidade: Análise de Tempo de Falha e Testes de Vida Acelerados. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni - UFMG, 1997.

GARCIA, R.; SANTOS, R.; SOUZA, R. E. H. Health care technology management applied to public hospitals in Santa Catarina – Brazil. *Proceedings of First WHO Global Forum on Medical Devices*, pages 9–11, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007.

GONÇALVES, J.A. F. **Modelos de Risk Based Inspection e Risk Based Inspection and Maintenance aplicados a sistemas de produção de Energias Renováveis**. 2010. 189 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2010.

HARTER, H.L. e MOORE, A.H. Maximum likelihood estimation of the parameters of the gamma and Weibull populations from complete and from censored samples. **Technometrics**, Washington, 7: 639-43, 1965.

HARRIS, R. **Introduction to Decision Making**, 2009. Disponível em: <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>. Acesso em: 15 Dezembro 2012.

HASHIMOTO, F. R. L.; GIORGETTI, L. P.; XAVIER, L. C.; HAMAD, A. P.; FERREIRA, R.; CALIL, S. J.; FLORENCE, G. Análise de Perigo em Bombas de Infusão. In: **XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - CBEB 2012**. 2012. v. 1.

HAVIARAS, G. J. **Metodologia para análise de confiabilidade de pneus radiais em frotas de caminhões de longa distância**. 2005.128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

HEDGE, V.; RAHEJA, D. Design for Reliability in Medical Devices. **IEEE Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), 2010 Proceedings - Annual**, p.1-6, 2010.

HOLSBACH, L. R.; NETO KLIEMANN, F. J.; HOLSBACH, N. **Utilização do instrumento de identificação de conhecimentos para administração segura de medicamentos com o uso de infusão automática**. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica. v. 29, n. 4, p. 353-362, 2013.

HULTMANN, R. J. **Estudo de Confiabilidade de Pneus de Rodagem**. 2011. 184 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programação Matemática, Universidade Federal do Paraná.

IRESON, W. G; COOMBS Jr., C. F.; MOSS, R. Y. **Handbook of Reliability Engineering and Management**. 2. ed. New York, United States of America: McGraw-Hill, 1996.

KARDEC, A. e NASCIF, J. Manutenção – Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed. – 2001.

_____. *Gestão Estratégica e Confiabilidade*. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2002.

KEEHAN, S. *et al.* Health Spending Projections Through 2017, Health Affairs Web Exclusive W146: 21 February 2008.

KHALAF, A; HAMAN, Y; DJOUANI, K. **Mathematical Maintenance Model for Medical Equipment**. Scholars' Press, 2013.

LAFRAIA, J. R. B. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LEITCH, R. **Reliability Analysis for Engineers**, Oxford Press, New York, EUA, 1995.

LEMES, D. V. **Proposta de métodos de análise de confiabilidade de sistemas eletrônicos empregando dados de retorno em garantia**. 2006. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MAPA, S. M. S.; SILVA, C. E. S.; MELLO, C. H. P. Garantia da confiabilidade nas fases de planejamento e desenvolvimento de produtos apoiada por técnicas da qualidade. **In: XII SIMPEP** – Bauru, SP, Brasil, Nov. 2005.

MARTINI, F. P. *Práticas de Manutenção em Equipamentos de Diagnóstico e Terapia em Serviços de Oftalmologia*. Monografia (Especialização em Gestão de Saúde) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

MATHEW, S. Optimal inspection frequency: a tool for maintenance planning/forecasting. **In: International Journal of Quality e Reliability Management**. v. 21, n. 7. Bradford: Emerald Group, 2004.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Um estudo do suporte quantitativo necessário para a operacionalização da MCC. *Produção*, v. 21, n. 4, p. 583-593, 2011.

MENDES, W.; TRAVASSOS, C.; MARTINS, M.; NORONHA, J. C. Revisão dos estudos de avaliação da ocorrência de eventos adversos em hospitais – Fiocruz. *Ver Bras Epidemiol*; v. 8, p. 393-406, 2005.

MORAES, L.; GARCIA, R. Proposta de um modelo de Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar. In: **III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica CLAEB'2004**, 2004, João Pessoa. Anais do III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica CLAEB'2004. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica, 2004. v. 5. p. 309-312.

MORAES, L. **Metodologia para Auxiliar na Definição de Indicadores de Desempenho para a Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar**. 2007. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MORAES, P. H. A. **Manutenção Produtiva Total: Estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004.

MORAIS, V. C. **Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Biomédica, Campinas, Unicamp, 2004.

MORAIS, V. C.; MÜHLEN, S. S. Proposta de Priorização de Equipamentos Médico-Hospitalares em Programas de Manutenção Preventiva. In: **III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica CLAEB'2004**, 2004, João Pessoa. Anais do III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica CLAEB'2004. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica, 2004. v. 5. p. 365-368.

MOREIRA, J. A. *Técnicas Básicas para Análise de Dados de Sobrevivência*. Piracicaba, 1998. Seminário do curso de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, em nível de doutorado. ESALQ – USP.

MORELI, B. A. C.; OLIVEIRA, J. P. L. MARQUES, D. S. P.; PORTO, G. S. Manual de Utilização da Norma IEC 60601. Ribeirão Preto: [s.n], 2010.

NELSON, W.B. **Applied Life Data Analysis**, John Wiley e Sons, Inc., New York, 1982.

NIST/SEMATECH. e-Handbook of Statistical Methods. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2006. Disponível em: www.itl.nist.gov/div898/handbook/. Acesso em: 15 julho 2012.

O'CONNOR, P. D. T.; Practical Reliability Engineering, 3ª ed. – John Wiley e Sons Ltd. 1995.

OLIVEIRA, E. F. *Programa de gerenciamento de equipamentos médicos: noções de boas práticas de gerenciamento de equipamentos e acreditação hospitalar*. Fortaleza, 2009. Monografia (Especialização em Engenharia Clínica) – Escola de Saúde Pública do Ceará.

RAUSAND, M., OIEN, K. The basic concepts of failure analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 53, n. 1, p. 78-83, 1996.

REA, L. M.; PARKER, R. A. **Metodologia de Pesquisa do Planejamento à Execução**. 2. Ed. São Paulo: Editora Pionera, 2002.

RELIASOFT CORPORATION. **Ensaio Acelerado**. 2001. Apostila de Treinamento.

_____. **Life Data Analysis Reference**. 404 p., 2005. E-textbooks of reliability. Disponível em: http://reliawiki.org/index.php/Life_Data_Analysis_Reference. Acesso em: 10 fevereiro 2012.

_____. **Life Data Classification**. Chapter 5. 2006a. Disponível em: http://reliawiki.org/index.php/Life_Data_Classification. Acesso em: 09 junho 2013.

_____. **Life Data Analysis Reference**. 404 p., 2006b. E-textbooks of reliability. Disponível em: http://reliawiki.org/index.php/Confidence_Bounds. Acesso em: 10 fevereiro 2012.

_____. **Estimador de Máxima Verossimilhança. Reliability Hotwire**. Brasil. 2006c. Disponível em: <http://www.reliasoft.com.br/hotwire/edicao2/conceito2/htm>. Acesso em: 15 março 2012.

REIS, C. S. e GARCIA, R. Modelo estrutural para análise da confiabilidade de equipamentos médico-assistenciais durante o seu ciclo de vida. In: **XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - CBEB 2012**. 2012. v. 1. p. 483-487.

SANTOS, W. B.; COLOSIMO, E. A.; MOTTA, S. B. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. *Revista Gestão e Produção*, v. 14, n. 1, p. 193-202, 2007.

SANTOS, M. S. R. S. *Projeto de Oficina para Manutenção de Equipamentos Biomédicos*. Curso de Especialização em Engenharia Clínica. Centro de Ciências de Saúde – Núcleo de Estudos e Tecnologia em Engenharia Biomédica. 1998. Universidade Federal da Paraíba.

SANTOS, F. A. **Proposta de Sistema para Obtenção de Indicador de Apoio no Processo de Decisão de Substituição de Tecnologia Médico-Hospitalar**. 2009, 144 f. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SAÚDE WEB. Feira Hospitalar. 2011. Disponível em: <http://saudeweb.com.br/29974/industria-de-saude-cresce-177-em-2011-segundo-abimo/>. Acesso em: 10 setembro de 2013.

SAÚDE WEB. Feira Hospitalar. 2012. Disponível em: <http://saudeweb.com.br/29974/industria-de-saude-cresce-177-em-2011-segundo-abimo/>. Acesso em: 10 setembro de 2013.

SEELING, M. X. **Desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção de uma empresa de alimentos**. 2000. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

SELLITTO, M. A. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. *Revista Produção*, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.

SEIXAS, E. Manutenção focada na gestão de ativos. Documento Nacional – ABRAMAN. In: **II Seminário Amazonense de Manutenção**. Manaus, AM, 2012.

SHEPHERD'S SYSTEM. Shepherd's System for Medical Device Incident Investigation e Reporting. DEVTEQ Publishing Company, 1998.

SIQUEIRA, I. P. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

SÔNEGO, F. S. **Estudo de Métodos de Avaliação de Tecnologias em Saúde aplicada a Equipamentos Eletromédicos**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SOUZA, G. F. M. *Análise de Confiabilidade Aplicada ao Projeto de Sistemas Mecânicos*. Apostila de Curso. São Paulo: EPUSP, 2003.

SOUZA, R. K. S. Provisão de custos de garantia anual baseado em análise de confiabilidade de máquinas agrícolas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. 2009. p. 112.

TALEB-BENDIAB, A.; ENGLAND, D.; RANGLES, D.; MISELDINE, M.; MURPHY, K. A principle approach to the design of healthcare systems: Autonomy vs. governance. **Original Research Article Reliability Engineering e System Safety**, v. 91, n. 12, p.1576-1585, december 2006.

WALID, T.; SAMEH, E. Assessment of medical equipment in respect to their down time. In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, September 7-12, 2009, Munich, Germany, pages 267–270. Springer, 2009.

WANG, B. e LEVENSON, A. Equipment Inclusion Criteria – A New Interpretation of JCAHO's Medical Equipment Management Standard. *Journal of Clinical Engineering*. Jan/fev, 2000, v. 25, p. 26-35.

WANG, B *et al.* Evidence-Based Maintenance for Medical Equipment- Part II, **Journal of Clinical Engineering**, 36:72-84, 2011.

WEININGER, S; KAPUR, C.; PECHT, M. Exploring Medical Device Reliability and Its Relationship to Safety and Effectiveness. **IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies**, v. 33, n. 1, p.240-245, march 2010.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, v.18, p.293-297, 1951.

WHO. World Health Organization. **Medical Devices: managing the mismatch: an outcome of the priority devices project**. Suíça, 2010.

WILKIND, D. J. The bathtub curve and product failure behavior – part one: the bathtub curve, infant mortality and burn-in. **Reliability HotWire**. Tucson, v. 21, nov. 2002. Disponível em: <http://weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e método. 2.ed. São Paulo, Bookman, 2001.

ZAITSEVA, E. Reliability analysis methods for healthcare system. **IEEE Human System Interactions (HIS), 2010 3 rd Conference on**, p.211-216.

ZAITSEVA, E.; LEVASHENKO, V.; RUSIN, M. Reliability Analysis of Healthcare System. **IEEE Computer Science and Information Systems**, 2011 Federated Conference, p.169-175, 2011.

ZAMBUTO, R. P. Clinical Engineering in the 21st Century. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**. 2004, USA, v. 23, n. 3, p. 37-41, Junho 2004.

APÊNDICE A: INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO VTP

Tecnologia Médica: VENTILADOR PULMONAR

Objetivo: Identificar parâmetros de falhas e de segurança com a utilização do ventilador pulmonar na UTL.

1. Você recebe ou já recebeu treinamento para utilização do ventilador pulmonar? ☐ sim ☐ não
Se sim, com que frequência? _____

2. Você considera necessário avaliar os riscos associados aos problemas funcionais dos equipamentos médicos? ☐ sim ☐ não

3. Uma falha do ventilador pulmonar coloca em risco a segurança pessoal? ☐ sim ☐ não

4. Uma falha do ventilador pulmonar coloca em risco as instalações físicas? ☐ sim ☐ não

5. Em relação ao aspecto continuidade do processo, a parada repentina do ventilador pulmonar:
☐ interrompe todo o processo ☐ interrompe parte do processo
☐ não afeta

6. Com a detecção de uma falha no ventilador pulmonar são necessárias ações?
☐ imediatas ☐ com alguma urgência ☐ o mais cedo possível
☐ pode aguardar um pouco ☐ não existe pressa

7. Em relação à gravidade do dano, indique a opção que melhor descreva os históricos de incidentes com o ventilador pulmonar na sua unidade:

7.1 Catastrófica - possibilidades de morte ou de perda permanente das funções motoras, sensoriais, fisiológicas ou intelectuais:

☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)

☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)

☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)

☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.2 Crítica - possibilidade de lesão permanente nas funções motoras, sensoriais, fisiológicas ou intelectuais:

☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)

☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)

☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)

☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.3 Marginal - possibilidade de gerar algum incômodo ou efeito indesejável ao indivíduo:

☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)

☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)

☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)

☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.4 Desprezível - pouco ou nenhum dano em potencial:

☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)

☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)

☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)

☐ Remoto: nenhum registro num ano

8. As consequências das falhas do ventilador pulmonar são?

☐ graves ☐ pouco graves ☐ sem gravidades

9. Quais eventos adversos já ocorreram durante a utilização do ventilador pulmonar no setor?

☐ dosagem do volume corrente ☐ hipoxemia ☐ hipercapnia
☐ hipoventilação ☐ hiperventilação ☐ variações de pressão
☐ overdose de agente anestésico ☐ subdose de agente anestésico

10. Os principais perigos identificados com o ventilador pulmonar são:

☐ não acionamento de alarme ☐ falta de informação ☐ mau uso da tecnologia ☐ problemas de interface com o usuário ☐ falta de

limpeza ☐ erro de software ☐ não cicla ☐ carga fraca da bateria
☐ pressão excessiva ☐ pressão insuficiente ☐ falha no sistema de alarme de baixa pressão ☐ válvula de segurança falhou ☐ travamento do sistema mecânico ☐ equipamento descalibrado
☐ interferência eletromagnética ☐ vaporizadores desligados ou vazios ☐ vazamento de gases ☐ outros:_____

11. Na ocorrência de incidentes com o ventilador pulmonar, os mesmos são notificados à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)?

☐ sim ☐ não

Se não, por quê?_____

APÊNDICE B: INSTRUMENTO DE PESQUISA BIF

Tecnologia Médica: BOMBA DE INFUSÃO DE SERINGA

Objetivo: Identificar parâmetros de falhas e de segurança com a utilização da bomba de infusão de seringa na UTI.

1. Você recebe ou já recebeu treinamento para utilização da bomba de infusão de seringa? ☐ sim ☐ não
Se sim, com que frequência? _____

2. Você considera necessário avaliar os riscos associados aos problemas funcionais dos equipamentos médicos? ☐ sim ☐ não

3. Uma falha da bomba de infusão de seringa coloca em risco a segurança pessoal? ☐ sim ☐ não

4. Uma falha da bomba de infusão de seringa coloca em risco as instalações físicas? ☐ sim ☐ não

5. Em relação ao aspecto continuidade do procedimento, a parada repentina da bomba de infusão de seringa:
☐ interrompe todo o processo ☐ interrompe parte do processo
☐ não afeta

6. Com a detecção de uma falha na bomba de infusão de seringa são necessárias ações?
☐ imediatas ☐ com alguma urgência ☐ o mais cedo possível
☐ pode aguardar um pouco ☐ não existe pressa

7. Em relação à gravidade do dano, indique a opção que melhor descreva os históricos de incidentes com a bomba de infusão de seringa na sua unidade:

7.1 Catastrófica - possibilidades de morte ou de perda permanente das funções motoras, sensoriais, fisiológicas ou intelectuais:

- ☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)
- ☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)
- ☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)
- ☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.2 Crítica - possibilidade de lesão permanente nas funções motoras, sensoriais, fisiológicas ou intelectuais:

- ☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)
- ☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)
- ☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)
- ☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.3 Marginal - possibilidade de gerar algum incômodo ou efeito indesejável ao indivíduo:

- ☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)
- ☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)
- ☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)
- ☐ Remoto: nenhum registro num ano

7.4 Desprezível - pouco ou nenhum dano em potencial:

- ☐ Frequente: pode ocorrer dentro de um curto período de tempo (acima de duas ocorrências por ano)
- ☐ Ocasional: provável de acontecer (duas ocorrências por ano)
- ☐ Raro: possível de acontecer (uma ocorrência por ano)
- ☐ Remoto: nenhum registro num ano

8. As consequências das falhas da bomba de infusão de seringa são?
☐ graves ☐ pouco graves ☐ sem gravidades

9. Quais eventos adversos já ocorreram durante a utilização da bomba de infusão de seringa no setor?
☐ superdosagem ☐ subdosagem ☐ infecção ☐ edema ou embolia pulmonar ☐ obstrução de vasos ☐ infusão de bolhas de ar ☐ outros: _____

10. Os principais perigos identificados com a bomba de infusão de seringa são:
☐ falhas no dispositivo de alarme ☐ agulha deslocada em relação à veia do paciente ☐ carga fraca da bateria ☐ equipo defeituoso ou

inadequado ☐ mau uso ☐ fluxo livre ☐ falha no sistema elétrico e mecânico ☐ bolhas de ar no equipo ☐ equipamento descalibrado ☐ contaminação do reservatório ☐ interferência eletromagnética ☐ problemas de interface com o usuário ☐ não ocorrência da infusão ☐ atrasos no início da infusão ☐ outros: _____

11. Na ocorrência de incidentes com o ventilador pulmonar, os mesmos são notificados à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)?
☐ sim ☐ não
Se não, por quê? _____

APÊNDICE C: INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO ÀS EECs

Objetivo: Verificar a atuação da engenharia clínica no que tange ao gerenciamento das tecnologias médicas.

1. Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar

1.1 Quais são as atividades de engenharia clínica realizadas na sua estrutura?

- ☐ aquisição e instalação de equipamentos
- ☐ treinamento da equipe de saúde
- ☐ manutenção preventiva
- ☐ manutenção corretiva
- ☐ desativação de equipamentos
- ☐ outros: _____

1.2 A sua EEC já realizou algum estudo de confiabilidade para os equipamentos médicos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se sim, qual? _____

1.3 A sua EEC utiliza metodologias para identificar os modos de falhas dos equipamentos médicos?

- ☐ Sim
- ☐ Não, passe para a questão 1.4

Se não, por quê? _____

Se sim, qual? _____

1.3.1 São identificados os efeitos e as consequências das falhas dos equipamentos médicos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

1.4 Na ocorrência de uma falha são estabelecidas tarefas para prevenir a reincidência de uma nova falha?

- ☐ Sim
- ☐ Não

1.5 A sua EEC considera que as falhas dos equipamentos podem interferir na qualidade do produto?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se não, por quê? _____

Se sim, por quê? _____

1.6 A sua EEC realiza gerenciamento de risco dos equipamentos médicos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

1.7 Na ocorrência de incidentes (eventos adversos) com os equipamentos médicos, os mesmos são notificados à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)?

- ☐ Sim
- ☐ não

Se não, por quê? _____

2. Resoluções:

2.1 A unidade de tratamento intensivo do seu estabelecimento assistencial de saúde atende os requisitos mínimos para funcionamento, dispostos na resolução RDC Nº 7, de 24 de fevereiro de 2010?

☐ Sim

☐ Não

2.2 Em relação à infraestrutura, o que não está de acordo com as resoluções RDC Nº 50 e RDC Nº 7 na unidade de tratamento intensivo?

☐ elétrica

☐ hidráulica

☐ gases

☐ ar condicionado

☐ físicas

☐ outros: _____

3. Em relação à bomba de infusão de seringa, responda:

3.1 Na ocorrência de uma falha, se nada for feito a tendência da falha evoluir será:

☐ rapidamente

☐ em pouco tempo

☐ piorará em médio prazo

☐ piorará em longo prazo

☐ não irá piorar

3.2 Em relação às falhas elas são consideradas:

☐ fácil (falha detectável por procedimento operacional)

☐ razoável (falha detectável por inspeção operacional)

☐ difícil (falha detectável por ensaio funcional)

☐ muito difícil (falha detectável apenas por desligamento)

☐ impossível (falha totalmente oculta)

3.3 Quais são os itens que apresentam falhas frequentes:

☐ sensores

☐ sistemas de alarme

☐ equipos

☐ visores

☐ teclados

☐ cabos

☐ sistemas elétricos

☐ sistemas mecânicos

☐ baterias

☐ nenhuma falha

☐ outros: _____

3.4 Há procedimentos de manutenção preventiva? Selecione os itens correspondentes.

☐ verificação do funcionamento da bateria

☐ verificação de desempenho, através de testes de fluxo e oclusão

☐ limpeza e lubrificação do rotor

☐ checagem das funções de memória e programação

☐ inspeção visual (cabos e sensores, painel, dano na carcaça)

3.5 Quais problemas já foram detectados:

- ☐ ajuste incorreto do equipo
- ☐ equipo defeituoso ou inadequado
- ☐ fluxo-livre
- ☐ taxa incorreta de fluxo de medicamento
- ☐ fluxo parcialmente ou totalmente bloqueado
- ☐ interrupção da infusão
- ☐ erro de conversão de medidas
- ☐ erros de operação
- ☐ existência de vazamentos
- ☐ estado de conservação insatisfatório
- ☐ problemas de interface com o usuário
- ☐ deficiências de projeto
- ☐ falha na fabricação
- ☐ falhas mecânicas
- ☐ falhas elétricas
- ☐ defeitos de software
- ☐ equipamento descalibrado
- ☐ componentes defeituosos
- ☐ atraso ou o não acionamento dos alarmes
- ☐ travamento do sistema mecânico
- ☐ acionamento intermitente das teclas
- ☐ carga fraca / esgotada bateria
- ☐ interferência eletromagnética

4. Em relação ao ventilador pulmonar, responda:**4.1** Na ocorrência de uma falha, se nada for feito a tendência da falha evoluir será:

- ☐ rapidamente
- ☐ em pouco tempo
- ☐ piorará em médio prazo

- ☐ piorará em longo prazo
- ☐ não irá piorar

4.2 Em relação às falhas elas são consideradas:

- ☐ fácil (falha detectável por procedimento operacional)
- ☐ razoável (falha detectável por inspeção operacional)
- ☐ difícil (falha detectável por ensaio funcional)
- ☐ muito difícil (falha detectável apenas por desligamento)
- ☐ impossível (falha totalmente oculta)

4.3 Quais são os itens que apresentam falhas frequentes:

- ☐ sensores
- ☐ válvulas
- ☐ célula de oxigênio
- ☐ sistemas de alarme
- ☐ baterias
- ☐ filtros
- ☐ tela
- ☐ teclados
- ☐ cabos / conectores
- ☐ circuito respiratório
- ☐ sistemas elétricos e eletrônicos
- ☐ sistemas mecânicos
- ☐ nenhuma falha
- ☐ outros: _____

4.4 Há procedimentos de manutenção preventiva? Selecione os itens correspondentes.

- ☐ verificação do funcionamento da bateria
- ☐ troca kit 5000 horas
- ☐ ajustes e calibrações do misturador
- ☐ substituição da célula O2 e do filtro

- ☐ limpeza e lubrificação
- ☐ inspeção visual (cabos e sensores, painel, dano na carcaça)
- ☐ outros:_____

4.5 Quais problemas já foram detectados:

- ☐ alarmes
- ☐ módulos de bateria
- ☐ software
- ☐ hardware (sobreaquecimento)
- ☐ transdutor de fluxo
- ☐ circuito respiratório
- ☐ choque elétrico
- ☐ erros de operação
- ☐ existência de vazamentos
- ☐ estado de conservação insatisfatório
- ☐ problemas de interface com o usuário
- ☐ deficiências de projeto
- ☐ desgaste de componentes
- ☐ falha na fabricação
- ☐ falhas mecânicas
- ☐ falhas elétricas
- ☐ falha na ventilação
- ☐ defeitos de software
- ☐ equipamento descalibrado
- ☐ componentes defeituosos
- ☐ atraso ou o não acionamento dos alarmes
- ☐ travamento do sistema mecânico
- ☐ acionamento intermitente das teclas
- ☐ carga fraca / esgotada bateria
- ☐ interferência eletromagnética

APÊNDICE D: ANÁLISE ESTATÍSTICA COM O SOFTWARE WEIBULL

H1 Ventilador Pulmonar (UTI Neonatal)																		
Teste Aderência																		
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP034	22/11/2001	A_A2	84,71%	27,49	38,12%	21	2	Lognormal	Exponencial	λ	6,10E-04	1638,31	6,10E-04	64,44%	41,52%	26,76%	17,24%	7,16%
									Lognormal	Mean	6,58	2085,59	4,00E-04	53,86%	35,51%	24,69%	17,69%	9,63%
										Std	1,46							
									Weibull 2P	β	0,74							
										η	1420,55	1705,34	5,00E-04	54,68%	36,42%	25,54%	18,45%	10,19%
VTP030	05/01/2001	A_A2	91,97%	20,58	41,39%	13	2	Lognormal	Exponencial	λ	2,97E-04	3364,24	2,97E-04	80,73%	65,18%	52,62%	42,48%	27,69%
									Lognormal	Mean	7,30	5809,86	1,00E-04	66,80%	50,62%	40,92%	34,33%	25,84%
										Std	1,65							
									Weibull 2P	β	0,71							
										η	2968,07	3686,76	2,00E-04	69,52%	55,07%	45,07%	37,58%	27,05%
VTP032	08/10/2001	A_A2	90,35%	33,01	40,66%	11	2	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,81E-04	3561,54	2,81E-04	81,70%	66,74%	54,53%	44,55%	29,73%
									Lognormal	Mean	7,09	20578,00	3,43E-05	58,43%	46,91%	40,22%	35,64%	29,52%
										Std	2,39							
									Weibull 2P	β	0,59							
										η	2948,98	4524,66	2,00E-04	64,76%	51,97%	43,52%	37,30%	28,56%
VTP033	08/10/2001	A_A2	99,86%	0,62	44,94%	7	2	Lognormal	Exponencial	λ	1,51E-04	6603,82	1,51E-04	89,67%	80,41%	72,10%	64,65%	51,99%
									Lognormal	Mean	8,39	6801,90	2,00E-04	97,30%	88,24%	77,47%	67,28%	50,61%
										Std	0,94							
									Weibull 2P	β	1,15							
										η	6631,95	6313,72	2,00E-04	92,49%	84,11%	75,91%	68,14%	54,27%
VTP049	10/09/2010	A_A5	94,10%	10,28	79,99%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,66E-04	3753,38	2,66E-04	82,54%	68,14%	56,24%	46,43%	31,63%
									Lognormal	Mean	7,91	4277,93	4,28E+03	91,98%	74,96%	59,71%	47,71%	31,39%
										Std	0,95							
									Weibull 2P	β	1,71							
										η	3966,16	3537,92	4,00E-04	94,70%	83,73%	70,15%	56,03%	31,44%
VTP057	10/09/2010	A_A5	76,83%	49,75	65,31%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	2,83E-04	3527,77	2,83E-04	81,54%	66,49%	54,21%	44,20%	29,39%
									Lognormal	Mean	7,91	3141,38	6,00E-04	99,37%	88,41%	66,84%	45,87%	19,38%
										Std	0,53							
									Weibull 2P	β	2,00							
										η	3556,15	3151,56	5,00E-04	95,98%	84,87%	69,14%	51,90%	22,86%
VTP051	10/09/2010	A_A5	99,60%	1,29	84,66%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,46E-04	6864,55	1,46E-04	90,04%	81,08%	73,00%	65,73%	53,30%
									Lognormal	Mean	8,38	7104,94	2,00E-04	96,65%	87,04%	76,31%	66,44%	50,51%
										Std	0,98							
									Weibull 2P	β	1,22							
										η	7157,70	6707,00	2,00E-04	94,09%	86,79%	79,27%	71,91%	58,25%

VTP054	10/09/2010	A_A5	89,15%	32,78	75,78%	3	1	Lognormal	Exponential	λ	1,70E-04	5870,57	1,70E-04	88,46%	78,25%	69,22%	61,23%	47,91%
									Lognormal	Mean	7,97	6915,87	1,00E-04	85,47%	70,23%	58,84%	50,21%	38,12%
										Std	1,32							
									Weibull 2P	β	0,84	6120,09	1,00E-04	83,65%	72,63%	63,78%	56,39%	44,69%
										η	5586,98							
VTP055	10/09/2010	A_A5	99,99%	0,04	84,99%	2	1	Exponential	Exponential	λ	9,69E-05	10316,00	9,69E-05	93,26%	86,97%	81,11%	75,64%	65,78%
									Lognormal	Mean	8,82	13843,00	7,34E-05	96,98%	90,28%	83,10%	76,34%	64,72%
										Std	1,19							
									Weibull 2P	β	1,24	9347,69	1,00E-04	96,24%	91,35%	86,12%	80,78%	70,27%
										η	10015,72							

H1: Ventilador Pulmonar (UTI Pediátrica)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP036	12/12/2001	A_A2	98,50%	2,24	44,32%	27	2	Lognormal	Exponencial	λ 0,00	1645	6,08E-04	64,55%	41,67%	26,90%	17,36%	7,24%	
									Lognormal	Mean 6,54 Std 1,49	2109	4,00E-04	48,90%	31,15%	22,27%	16,96%	10,99%	
									Weibull 2P	β 0,75 η 1385,98	1658	5,41E-01	54,14%	35,74%	24,85%	17,81%	9,68%	
									VTP035	22/11/2001	A_A2	89,31%	17,39	40,19%	24	2	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 6,44 Std 2,02	4820	2,00E-04	47,27%	34,03%	27,01%	22,52%	16,96%	
									Weibull 2P	β 0,73 η 1354,51	1652	5,00E-04	53,22%	35,15%	24,53%	17,67%	9,74%	
									VTP031	05/01/2001	A_A2	97,95%	6,22	44,08%	14	2	Lognormal	Exponencial
									Lognormal	Mean 7,15 Std 1,58	4434	2,00E-04	64,17%	46,96%	36,95%	30,31%	21,99%	
									Weibull 2P	β 0,68 η 2702,14	3536	2,00E-04	66,46%	52,04%	42,34%	35,20%	25,31%	
									VTP039	23/02/2006	B_B1	89,09%	19,31	10,83%	10	1	Lognormal	Exponencial
									Lognormal	Mean 5,23 Std 1,99	1348	6,00E-04	24,87%	15,21%	10,91%	8,44%	5,71%	
									Weibull 2P	β 0,55 η 473,21	797	9,00E-04	28,32%	15,69%	9,84%	6,60%	3,33%	
									VTP056	10/09/2010	A_A5	98,35%	3,31	88,52%	5	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 7,70 Std 1,50	6768	1,00E-04	77,24%	61,19%	50,54%	42,91%	32,66%	
									Weibull 2P	β 0,95 η 4206,21	4308	2,00E-04	82,90%	69,64%	58,77%	49,75%	35,86%	
									VTP050	10/09/2010	A_A5	97,49%	4,03	80,55%	5	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 7,46 Std 2,10	15694	4,75E-05	66,34%	53,63%	45,92%	40,53%	33,25%	
									Weibull 2P	β 0,68 η 3860,95	5011	2,00E-04	72,77%	60,04%	51,03%	44,10%	33,97%	
									VTP052	10/09/2010	A_A5	95,48%	9,31	85,93%	4	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 8,32 Std 0,52	4683	4,00E-04	99,96%	97,70%	88,86%	74,82%	45,74%	
									Weibull 2P	β 2,44 η 5114,38	4535	4,00E-04	99,17%	95,58%	88,53%	78,20%	51,58%	

VTP053	10/09/2010	A A5	97,96%	2,88	88,16%	4	1	Lognormal	Exponential	λ	2,15E-04	4646	2,15E-04	85,64%	73,35%	62,82%	53,80%	39,46%
									Lognormal	Mean	8,08	4448	3,00E-04	97,05%	84,56%	69,45%	55,86%	35,88%
									Std	0,80								
									Weibull 2P	β	1,27	4346	3,00E-04	91,17%	80,00%	68,82%	58,35%	40,56%
									η	4683,80								
VTP043	16/11/2009	B B2	82,84%	0,20	7,38%	1	1	-	Exponential	λ	3,95E-04	2531	3,95E-04	75,24%	56,61%	42,60%	32,05%	18,15%
									Lognormal	Mean	6,65	3540300	1,52E-13	50,40%	46,26%	43,85%	42,16%	39,80%
									Std	6,67								
									Weibull 2P	β	0,18	4255900	1,19E-07	53,39%	49,23%	46,72%	44,92%	42,35%
									η	10259,35								

VTP061	12/07/2010	B B2	99,99%	0,0	62,76%	1	1	-	Exponencial	λ	6,36E-05	1,57E+04	6,3600E-05	95,53%	91,25%	87,17%	83,27%	75,99%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	0,95							
										η	16139,97	1,65E+04	5,90E-05	94,97%	90,49%	86,33%	82,41%	75,22%
VTP074	08/07/2011	B B2	82,98%	8,0	54,74%	1	1	-	Exponencial	λ	1,18E-04	8,46E+03	1,1800E-04	91,84%	84,35%	77,47%	71,15%	60,01%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	0,47							
										η	13459,36	3,09E+04	2,23E-05	77,48%	70,29%	65,31%	61,44%	55,51%
VTP059	12/07/2010	B B2	100,00%	0,0	51,19%	1	1	-	Exponencial	λ	7,79E-05	1,28E+04	7,7900E-05	94,54%	89,39%	84,51%	79,90%	71,42%

H3: Ventilador Pulmonar (UTI Neonatal)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP012	20/03/2001	A_A2	75,08%	132,52	20,64%	7	2	N_Susp.	Weibull 2P	Exponential	λ 4,01E-04	2496	4,01E-04	74,95%	56,17%	42,10%	31,55%	17,72%
										Lognormal	Mean 7,11	5353	2,00E-04	62,26%	46,34%	37,14%	30,99%	23,20%
										Std 1,71								
										β 0,76								
										η 2390,46								
VTP013	24/09/2001	A_A2	95,27%	21,13	20,72%	6	2		Weibull 2P	Exponential	λ 2,86E-04	3492	2,86E-04	81,37%	66,21%	53,88%	43,84%	29,03%
										Lognormal	Mean 7,36	34622	2,00E-05	62,28%	51,36%	44,88%	40,35%	34,19%
										Std 2,49								
										β 0,60								
										η 3435,97								
VTP014	24/09/2001	A_A2	92,82%	38,39	20,79%	6	2		Lognormal	Exponential	λ 2,95E-04	3384	2,95E-04	80,84%	65,35%	52,82%	42,70%	27,90%
										Lognormal	Mean 7,83	2870	6,00E-04	99,17%	85,66%	61,26%	39,48%	14,78%
										Std 0,52								
										β 1,91								
										η 3213,26								
VTP015	24/09/2001	A_A2	92,62%	45,98	20,78%	5	2		Lognormal	Exponential	λ 2,44E-04	4092	2,44E-04	83,87%	70,33%	58,99%	49,47%	34,79%
										Lognormal	Mean 7,38	8667	9,17E-05	66,84%	52,32%	43,54%	37,48%	29,47%
										Std 1,84								
										β 0,60								
										η 3672,95								
VTP016	24/09/2001	A_A2	90,29%	72,67	20,71%	4	2		Weibull 2P	Exponential	λ 2,01E-04	4975	2,01E-04	86,53%	74,87%	64,78%	56,05%	41,96%
										Lognormal	Mean 8,15	6523	2,00E-04	91,81%	78,16%	66,19%	56,44%	42,17%
										Std 1,13								
										β 1,49								
										η 4661,95								
VTP020	06/04/2006	A_A1	91,71%	39,47	10,13%	5	1		Weibull 2P	Exponential	λ 8,06E-04	1241	8,06E-04	55,97%	31,33%	17,54%	9,82%	3,08%
										Lognormal	Mean 6,70	1536	7,00E-04	54,17%	30,56%	19,30%	13,11%	6,95%
										Std 1,13								
										β 1,23								
										η 1276,09								
VTP017	22/03/2002	A_A2	91,20%	85,25	20,88%	4	1		Weibull 2P	Exponential	λ 2,00E-04	5011	2,00E-04	86,62%	75,02%	64,98%	56,28%	42,23%
										Lognormal	Mean 8,16	6204	2,00E-04	92,89%	79,45%	67,18%	57,03%	42,06%
										Std 1,07								
										β 1,65								
										η 5229,85								
VTP018	06/04/2006	A_A1	88,45%	54,14	9,99%	4	1		Exponential	Exponential	λ 5,95E-04	1680	5,95E-04	65,15%	42,44%	27,65%	18,01%	7,65%
										Lognormal	Mean 6,99	2135	5,00E-04	63,81%	40,41%	27,71%	20,08%	11,75%
										Std 1,16								
										β 1,17								
										η 1688,78								
VTP019	06/04/2006	A_A1	85,60%	65,93	14,60%	4	1		Lognormal	Exponential	λ 4,02E-04	2490	4,02E-04	74,89%	56,09%	42,01%	31,46%	17,65%
										Lognormal	Mean 7,21	4083	2,00E-04	66,51%	48,39%	37,69%	30,60%	21,76%
										Std 1,48								
										β 0,87								
										η 2456,04								

H3: Bomba de Infusão de Seringa (UTI Neonatal)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
IFS001	20/11/2001	X_X1	79,52%	45,65	55,97%	18	2	Lognormal	Exponencial	λ 3,86E-04	2593	3,86E-04	75,76%	57,39%	43,48%	32,94%	18,90%	
									Lognormal	Mean 7,16	2962	3,00E-04	67,44%	46,60%	34,46%	26,66%	17,43%	
										Std 1,29								
									Weibull 2P	β 0,84 η 2385,49	2621	3,00E-04	69,28%	51,92%	39,84%	31,01%	19,33%	
IFS003	20/11/2001	X_X1	83,06%	49,34	55,55%	13	2	Exponencial	Exponencial	λ 2,74E-04	3645	2,74E-04	82,08%	67,37%	55,29%	45,38%	30,57%	
									Lognormal	Mean 7,72	4474	2,00E-04	83,57%	64,97%	51,50%	41,75%	28,95%	
										Std 1,17								
									Weibull 2P	β 1,08 η 3698,54	3596	3,00E-04	84,20%	69,60%	57,08%	46,58%	30,67%	
IFS006	09/11/2001	X_X1	80,11%	64,97	55,97%	12	2	Lognormal	Exponencial	λ 2,41E-04	4152	2,41E-04	84,08%	70,70%	59,44%	49,98%	35,33%	
									Lognormal	Mean 7,75	4686	2,00E-04	83,78%	65,58%	52,37%	42,74%	29,99%	
										Std 1,19								
									Weibull 2P	β 0,93 η 4055,66	4189	2,00E-04	81,91%	68,33%	57,36%	48,35%	34,62%	
IFS004	20/11/2001	X_X1	87,97%	63,69	55,98%	7	2	Weibull 2P	Exponencial	λ 6,79E-05	12780	6,79E-05	85,74%	73,35%	64,17%	57,07%	46,73%	
									Lognormal	Mean 8,24	12780	6,79E-05	87,85%	78,63%	70,79%	63,98%	52,66%	
										Std 1,56								
									Weibull 2P	β 0,89 η 7103,66	7507	1,00E-04	87,85%	78,63%	70,79%	63,98%	52,66%	
IFS005	09/11/2001	X_X1	96,46%	26,36	55,39%	3	2	Lognormal	Exponencial	λ 5,36E-05	18644	5,36E-05	96,21%	92,57%	89,06%	85,69%	79,32%	
									Lognormal	Mean 9,22	213060	3,26E-06	85,81%	78,55%	73,45%	69,50%	63,52%	
										Std 2,47								
									Weibull 2P	β 0,56 η 22085,31	36766	2,02E-05	86,25%	80,42%	76,10%	72,56%	66,88%	
IFS007	17/08/2001	X_X1	99,78%	3,07	55,99%	2	2	Lognormal	Exponencial	λ 3,40E-05	29372	3,40E-05	97,58%	95,22%	92,91%	90,66%	86,32%	
									Lognormal	Mean 9,51	478190	1,41E-06	86,36%	79,87%	75,34%	71,83%	66,49%	
										Std 2,67								
									Weibull 2P	β 0,45 η 38259,62	96182	7,02E-06	84,43%	79,40%	75,84%	73,01%	68,59%	
IFS008	17/08/2001	X_X1	99,73%	5,46	55,99%	1	2	-	Exponencial	λ 1,72E-05	58233	1,72E-05	98,77%	97,56%	96,36%	95,17%	92,85%	
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β 0,66 η 82774,49	112020	7,14E-06	95,64%	93,22%	91,25%	89,53%	86,57%	

H4: Ventilador Pulmonar (UTI Coronariana)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP024	12/02/2007	B_B1	75,93%	45,03	56,77%	11	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 4,60E-04	2176	4,60E-04	71,83%	51,59%	37,05%	26,61%	13,73%	
									Lognormal	Mean	7,42	2226	6,00E-04	86,38%	57,51%	36,61%	23,60%	10,55%
										Std	0,76							
										Weibull 2P	β 1,65							
η 2337,97																		
VTP019	28/10/2002	A_A3	99,52%	1,15	62,86%	9	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,53E-04	6532	1,53E-04	89,56%	80,21%	71,84%	64,34%	51,61%	
									Lognormal	Mean	7,73	12266	6,49E-05	73,57%	59,95%	51,23%	44,98%	36,42%
										Std	1,83							
										Weibull 2P	β 0,63							
η 5202,55																		
VTP023	12/02/2007	B_B1	87,74%	28,36	52,08%	6	1	Lognormal	Exponencial	λ 2,12E-04	4724	2,12E-04	85,86%	73,73%	63,31%	54,36%	40,08%	
									Lognormal	Mean	7,73	7656	1,00E-04	76,97%	61,52%	51,31%	43,96%	34,02%
										Std	1,56							
										Weibull 2P	β 0,76							
η 4381,68																		
VTP036	14/06/2011	B_B2	98,60%	1,91	72,79%	6	1	Lognormal	Exponencial	λ 4,06E-04	2465	4,06E-04	74,67%	55,75%	41,63%	31,08%	17,33%	
									Lognormal	Mean	7,57	2324	7,00E-04	95,30%	69,44%	43,10%	25,54%	9,02%
										Std	0,59							
										Weibull 2P	β 1,61							
η 2704,61																		
VTP034	14/06/2011	B_B2	78,62%	35,62	68,25%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 4,52E-04	2215	4,52E-04	72,24%	52,19%	37,71%	27,24%	14,22%	
									Lognormal	Mean	7,16	2778	4,00E-04	68,19%	46,52%	33,90%	25,86%	16,47%
										Std	1,24							
										Weibull 2P	β 1,08							
η 2265,73																		
VTP017	28/10/2002	A_A3	92,25%	40,59	61,31%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 8,70E-05	11491	8,70E-05	93,93%	88,22%	82,86%	77,83%	68,66%	
									Lognormal	Mean	9,00	12530	9,57E-05	99,54%	96,87%	92,30%	86,78%	75,18%
										Std	0,93							
										Weibull 2P	β 1,38							
η 11659,96																		
VTP028	26/08/2010	B_B2	66,87%	91,70	95,92%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ 2,21E-04	4518	2,21E-04	85,27%	72,71%	62,00%	52,87%	38,44%	
									Lognormal	Mean	8,21	4310	4,00E-04	99,84%	95,52%	83,33%	67,33%	38,91%
										Std	0,55							
										Weibull 2P	β 2,05							
η 4915,00																		

VTP018	28/10/2002	B B2	99,98%	0,39	62,99%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	4,27E-05	23417	4,27E-05	96,97%	94,04%	91,19%	88,43%	83,15%
									Lognormal	Mean	8,94	115500	6,16E-06	84,41%	76,24%	70,55%	66,16%	59,60%
										Std	2,33							
									Weibull 2P	β	0,53	35530	2,04E-05	83,91%	77,66%	73,11%	69,46%	63,67%
										η	19515,07							
VTP030	26/08/2010	B B2	74,04%	95,28	62,27%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,30E-04	4341	2,30E-04	84,72%	71,77%	60,80%	51,51%	36,97%
									Lognormal	Mean	7,75	5529	2,00E-04	81,44%	64,31%	52,33%	43,62%	31,95%
										Std	1,31							
									Weibull 2P	β	0,98	4358	2,00E-04	83,99%	70,96%	60,08%	50,93%	36,72%
										η	4311,30							
VTP035	14/06/2011	B B2	99,18%	1,29	36,88%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	5,17E-04	1934	5,17E-04	68,91%	47,48%	32,72%	22,55%	10,71%
									Lognormal	Mean	7,30	1539	2,10E-03	99,59%	54,21%	8,41%	0,75%	4,52E-05
										Std	0,27							
									Weibull 2P	β	4,52	1516	2,00E-03	97,74%	59,20%	3,79%	6,13E-06	2,87E-33
										η	1661,28							
VTP027	26/08/2010	B B2	99,64%	1,62	70,49%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,03E-04	9667	1,03E-04	92,82%	86,16%	79,98%	74,24%	63,96%
									Lognormal	Mean	8,78	10078	1,00E-04	99,02%	94,49%	87,82%	80,52%	66,62%
										Std	0,94							
									Weibull 2P	β	1,45	8656	1,00E-04	97,64%	93,71%	88,97%	83,77%	72,75%
										η	9541,84							
VTP031	26/08/2010	B B2	100,00%	0,05	71,39%	1	1	-	Exponencial	λ	5,09E-05	19636	5,09E-05	96,40%	92,93%	89,58%	86,36%	80,25%
VTP026	23/06/2010	B B2	45,57%	170,35	63,27%	1	1	-	Exponencial	λ	5,96E-05	16778	5,96E-05	95,80%	91,78%	87,92%	84,23%	77,30%

H5: Ventilador Pulmonar (UTI Neonatal)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP036	03/05/2004	A_A2	93,94%	13,0	11,01%	15	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 1,92E-04	5,21E+03	1,9200E-04	87,10%	75,86%	66,07%	57,55%	43,65%	
									Lognormal	Mean 8,29 Std 0,78	5,39E+03	3,00E-04	98,54%	90,24%	78,14%	65,89%	45,67%	
									Weibull 2P	β 1,55 η 5654,27	5,08E+03	3,00E-04	95,99%	88,71%	79,87%	70,39%	51,75%	
									VTP035	29/12/2003	A_A4	92,75%	24,3	11,07%	10	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 6,54 Std 0,84	9,86E+02	1,30E-03	48,14%	19,19%	8,81%	4,51%	1,47%	
									Weibull 2P	β 1,47 η 1020,57	9,23E+02	1,40E-03	54,98%	19,01%	4,90%	1,00%	0,02%	
									VTP018	01/08/2004	A_A2	99,49%	1,5	55,89%	7	1	Weibull 2P	Weibull 2P
									Lognormal	Mean 7,43 Std 2,10	1,53E+04	4,88E-05	65,66%	52,92%	45,24%	39,88%	32,65%	
									Weibull 2P	β 0,63 η 3885,65	5,55E+03	1,00E-04	70,57%	58,42%	50,02%	43,64%	34,35%	
									VTP026	29/12/2003	A_A1	85,09%	55,7	11,47%	6	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 6,35 Std 2,56	1,53E+04	4,48E-05	46,43%	35,94%	30,22%	26,42%	21,52%	
									Weibull 2P	β 0,60 η 1403,58	2,10E+03	4,00E-04	51,25%	36,22%	27,33%	21,37%	13,94%	
									VTP043	23/07/2007	A_A1	90,85%	29,7	17,58%	5	1	Lognormal	Exponencial
									Lognormal	Mean 7,02 Std 0,86	1,63E+03	8,00E-04	69,65%	38,65%	22,42%	13,76%	5,93%	
									Weibull 2P	β 1,28 η 1681,55	1,56E+03	7,00E-04	71,44%	44,07%	25,17%	13,59%	3,47%	
									VTP028	29/12/2003	A_A1	81,57%	88,4	11,16%	5	1	Weibull 2P	Exponencial
									Lognormal	Mean 6,77 Std 1,85	4,82E+03	2,00E-04	54,09%	39,28%	31,16%	25,89%	19,33%	
									Weibull 2P	β 0,83 η 1645,10	1,82E+03	5,00E-04	60,37%	40,83%	28,57%	20,40%	10,82%	
									VTP029	29/12/2003	A_A1	93,75%	39,1	10,35%	4	1	Lognormal	Exponencial
									Lognormal	Mean 7,20 Std 1,11	2,49E+03	4,00E-04	71,17%	47,45%	33,43%	24,62%	14,68%	
									Weibull 2P	β 1,04 η 2192,38	2,16E+03	5,00E-04	73,11%	52,46%	37,36%	26,48%	13,16%	
									VTP030	29/12/2003	A_A1	96,10%	31,6	2,84%	4	1	Exponencial	Exponencial
									Lognormal	Mean 5,96 Std 1,06	6,75E+02	1,60E-03	27,80%	10,65%	5,16%	2,86%	1,11%	
									Weibull 2P	β 1,24 η 620,32	5,79E+02	2,00E-03	30,04%	5,85%	0,92%	0,12%	0,00%	

VTP027	29/12/2003	A A1	89,73%	260,4	9,15%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	5,40E-04	1,85E+03	5,4000E-04	67,79%	45,95%	31,15%	21,12%	9,70%
									Lognormal	Mean	7,21	1,82E+03	8,00E-04	79,58%	46,88%	27,17%	16,27%	6,52%
									Std	0,77								
									Weibull 2P	β	1,68	1,64E+03	8,00E-04	81,31%	51,59%	27,06%	12,03%	1,53%
									η	1841,42								
VTP034	29/12/2003	A A4	94,04%	21,7	7,30%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,52E-03	6,60E+02	1,5200E-03	33,57%	11,27%	3,78%	1,27%	0,14%
									Lognormal	Mean	6,27	6,85E+02	2,10E-03	33,29%	8,29%	2,60%	0,97%	0,19%
									Std	0,73								
									Weibull 2P	β	2,07	6,21E+02	2,60E-03	34,74%	1,18%	0,00%	0,00%	0,00%
									η	700,88								
VTP032	29/12/2003	A A4	78,06%	100,1	12,04%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,04E-04	9,59E+03	1,0400E-04	92,77%	86,06%	79,84%	74,07%	63,75%
									Lognormal	Mean	8,65	9,72E+03	1,00E-04	97,69%	90,74%	82,48%	74,42%	60,45%
									Std	1,04								
									Weibull 2P	β	0,90	1,00E+04	9,40E-05	90,73%	83,38%	76,95%	71,20%	61,29%
									η	9542,04								
VTP023	01/08/2004	A A2	100,00%	0,1	56,00%	1	1	-	Exponencial	λ	2,62E-05	3,82E+04	2,6200E-05	98,13%	96,30%	94,50%	92,73%	89,29%
VTP045	23/07/2007	A A1	95,10%	26,2	57,08%	1	1	-	Exponencial	λ	3,18E-05	3,14E+04	3,1800E-05	97,73%	95,52%	93,36%	91,24%	87,15%

H5: Ventilador Pulmonar (UTI Geral)

Teste Aderência																		
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
VTP040	08/02/2007	B B1	97,45%	5,64	84,75%	10	1	Exponencial	Exponencial	λ	2,07E-04	4822	2,07E-04	86,13%	74,18%	63,89%	55,03%	40,82%
									Lognormal	Mean	7,99	5885	2,00E-04	88,45%	72,86%	60,40%	50,77%	37,24%
										Std	1,18							
									Weibull 2P	β	1,17	4776	2,00E-04	90,16%	79,27%	68,88%	59,38%	43,34%
									η	5037,16								
VTP041	08/02/2007	B B1	83,67%	35,95	82,89%	7	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,77E-04	5664	1,7700E-04	88,06%	77,55%	68,29%	60,14%	46,64%
									Lognormal	Mean	7,83	11850	6,86E-05	76,24%	62,54%	53,55%	47,03%	38,01%
										Std	1,76							
									Weibull 2P	β	0,74	6247	1,00E-04	79,34%	67,93%	59,32%	52,40%	41,79%
									η	5192,69								
VTP049	16/12/2008	B B2	80,04%	69,82	86%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,00E-04	6695	1,0000E-04	89,80%	80,65%	72,43%	65,04%	52,45%
									Lognormal	Mean	8,41	6897	2,00E-04	97,63%	89,12%	78,64%	68,54%	51,76%
										Std	0,92							
									Weibull 2P	β	1,31	6409	2,00E-04	94,94%	87,96%	80,43%	72,84%	58,39%
									η	6945,10								
VTP044	23/07/2007	A A1	93,47%	32,51	17,53%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	4,88E-04	2050	4,88E-04	70,38%	49,54%	34,87%	24,54%	12,16%
									Lognormal	Mean	6,67	2444	4,00E-04	52,36%	34,41%	25,12%	19,44%	12,90%
										Std	1,51							
									Weibull 2P	β	0,72	2120	4,00E-04	58,46%	41,37%	30,70%	23,42%	14,35%
									η	1713,46								
VTP017	01/08/2004	A A2	100,00%	0,03	56,00%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	8,96E-05	11157	8,9600E-05	93,75%	87,89%	82,40%	77,25%	67,90%
									Lognormal	Mean	8,84	15737	6,18E-05	96,13%	88,97%	81,82%	75,30%	64,35%
										Std	1,28							
									Weibull 2P	β	1,08	10846	9,65E-05	94,97%	89,65%	84,42%	79,37%	69,90%
									η	11173,41								
VTP020	01/08/2004	A A2	67,13%	120,98	40,60%	2	1	Lognormal	Exponencial	λ	6,99E-05	14311	6,9900E-05	95,09%	90,43%	85,99%	81,77%	73,94%
									Lognormal	Mean	8,71	52798	1,42E-05	84,71%	75,52%	69,01%	63,98%	56,47%
										Std	2,08							
									Weibull 2P	β	0,53	26312	2,76E-05	81,64%	74,61%	69,54%	65,50%	59,18%
									η	14582,52								
VTP039	08/02/2007	B B1	91,83%	84,07	77,04%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,01E-05	24910	4,01E-05	97,15%	94,38%	91,69%	89,08%	84,08%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	1,29	23866	4,89E-05	99,02%	97,61%	96,00%	94,26%	90,51%
									η	25799,71								
VTP048	16/12/2008	B B2	58,16%	240,91	93,46%	1	1	-	Exponencial	λ	3,14E-05	31826	3,1400E-05	51,61%	51,61%	51,61%	51,61%	51,60%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	1,18	27701	3,98E-05	98,74%	97,17%	95,47%	93,71%	90,05%
									η	29305,27								

VTP055	08/02/2007	B B2	79,87%	37,00	74,19%	1	1	-	Exponencial	λ	5,86E-05	17066	5,8600E-05	95,87%	91,91%	88,11%	84,47%	77,64%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	0,75	23932	3,57E-05	92,04%	87,00%	82,81%	79,14%	72,84%
										η	20063,48							
VTP060	08/02/2007	B B1	99,23%	12,04	55,53%	1	1	-	Exponencial	λ	1,87E-05	53567	1,8700E-05	98,66%	97,35%	96,05%	94,77%	92,25%
VTP047	16/12/2008	B B2	96,15%	55,74	89,80%	1	1	-	Exponencial	λ	3,06E-05	32702	3,0600E-05	97,82%	95,69%	93,61%	91,57%	87,62%

H5: Bomba de Infusão de Seringa (UTI Neonatal)

Teste Aderência																		
EMA	D Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa Uso	N Falhas	N Susp.	1 Lugar	I.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
IFS024	01/01/2004	X_X1	91,63%	24,8	75,58%	11	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,88E-04	5314	1,8800E-04	87,33%	76,26%	66,60%	58,16%	44,35%	
									Lognormal	Mean	7,79	6421	1,00E-04	80,60%	64,36%	53,12%	44,94%	33,84%
										Std	1,40							
										β	0,79	5386	2,00E-04	79,89%	67,76%	58,45%	50,93%	39,42%
										η	4727,35							
IFS022	01/01/2004	X_X1	80,11%	29,2	66,48%	10	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 6,55E-05	15257	6,5500E-05	95,39%	90,99%	86,80%	82,80%	75,34%	
									Lognormal	Mean	9,06	23607	3,87E-05	95,93%	89,52%	83,39%	77,86%	68,53%
										Std	1,42							
										β	1,03	15169	6,71E-05	95,39%	90,99%	86,80%	82,80%	75,34%
										η	15354,04							
IFS008	01/01/2004	X_X1	72,34%	101,3	74,56%	9	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,84E-04	5444	1,8400E-04	87,61%	76,76%	67,25%	58,92%	45,22%	
									Lognormal	Mean	7,97	5614	2,00E-04	88,54%	72,64%	59,89%	50,05%	36,31%
										Std	1,15							
										Weibull 2P	β 0,90	5470	2,00E-04	84,37%	72,86%	63,41%	55,45%	42,81%
										η	5189,62							
IFS009	01/01/2004	X_X1	83,76%	59,4	75,25%	9	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,59E-04	6271	1,5900E-04	89,15%	79,48%	70,86%	63,17%	50,21%	
									Lognormal	Mean	8,45	6347	2,00E-04	99,16%	93,38%	83,81%	73,20%	54,01%
										Std	0,78							
										Weibull 2P	β 1,52	6110	2,00E-04	96,76%	90,97%	83,91%	76,20%	60,42%
										η	6779,14							
IFS029	01/01/2004	X_X1	96,13%	8,0	74,26%	7	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,14E-04	8795	1,1400E-04	92,14%	84,90%	78,22%	72,07%	61,19%	
									Lognormal	Mean	7,84	12573	6,41E-05	75,95%	62,45%	53,61%	47,20%	38,32%
										Std	1,79							
										Weibull 2P	β 0,55	10181	7,26E-05	73,49%	63,63%	56,78%	51,50%	43,58%
										η	6040,44							
IFS027	01/01/2004	X_X1	78,95%	39,6	65,20%	7	1	Lognormal	Exponencial	λ 9,48E-05	10543	9,4800E-05	93,40%	87,23%	81,48%	76,10%	66,38%	
									Lognormal	Mean	8,01	13834	5,90E-05	79,47%	66,47%	57,65%	51,12%	41,90%
										Std	1,74							
										Weibull 2P	β 0,55	11954	6,18E-05	75,39%	66,07%	59,54%	54,44%	46,73%
										η	7081,54							
IFS030	01/01/2004	X_X1	81,63%	47,3	67,55%	6	1	Lognormal	Exponencial	λ 1,09E-04	9168	1,09E-04	98,81%	92,45%	85,47%	79,01%	73,04%	
									Lognormal	Mean	7,75	13824	5,67E-05	73,22%	59,97%	51,51%	45,45%	37,11%
										Std	1,89							
										Weibull 2P	β 0,51	11325	6,31E-05	71,12%	61,52%	55,00%	50,02%	42,64%
										η	5903,01							
IFS013	01/01/2004	X_X1	83,27%	51,7	68,37%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ 8,86E-05	11286	8,8600E-05	93,82%	88,02%	82,58%	77,48%	68,20%	
									Lognormal	Mean	8,13	44284	1,63E-05	75,23%	64,66%	57,82%	52,81%	45,69%
										Std	2,27							
										Weibull 2P	β 0,53	15881	4,55E-05	76,42%	67,88%	61,90%	57,22%	50,10%
										η	8707,27							
IFS025	01/01/2004	X_X1	90,83%	61,8	75,78%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ 8,22E-05	12171	8,2200E-05	94,26%	88,84%	83,74%	78,93%	70,12%	
									Lognormal	Mean	8,87	12777	8,46E-05	98,26%	92,94%	86,38%	79,73%	67,65%
										Std	1,08							
										Weibull 2P	β 1,05	12134	8,49E-05	95,10%	90,11%	85,26%	80,59%	71,85%
										η	12378,87							
IFS011	01/01/2004	X_X1	94,59%	36,9	75,92%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ 8,00E-05	12499	8,0000E-05	94,40%	89,12%	84,13%	79,42%	70,78%	
									Lognormal	Mean	8,99	13904	7,94E-05	98,91%	94,87%	89,38%	83,47%	72,14%
										Std	1,05							
										Weibull 2P	β 1,25	12337	9,27E-05	97,41%	93,96%	90,17%	86,22%	78,17%
										η	13247,48							

IFS026	01/01/2004	X_X1	77,39%	186,4	74,89%	4	1	Weibull 2P	Exponential	λ	7,12E-05	14046	7,1200E-05	95,00%	90,26%	85,75%	81,46%	73,52%	
									Lognormal	Mean	8,84	19743	4,58E-05	94,10%	86,10%	78,95%	72,77%	62,77%	
										Std	1,45								
										Weibull 2P	β								0,88
		η	13524,48																
IFS019	01/01/2004	X_X1	92,93%	57,6	75,65%	4	1	Weibull 2P	Exponential	λ	6,70E-05	14929	6,70E-05	95,29%	90,80%	86,53%	82,45%	74,87%	
									Lognormal	Mean	9,43	14298	1,43E+04	100,00%	100,00%	99,96%	99,74%	97,82%	
										Std	0,52								
										Weibull 2P	β								2,84
		η	15746,03																
IFS021	01/01/2004	X_X1	95,42%	37,3	75,78%	4	1	Weibull 2P	Exponential	λ	6,55E-05	15257	6,5500E-05	95,39%	90,99%	86,80%	82,80%	75,34%	
									Lognormal	Mean	9,06	23607	3,87E-05	95,93%	89,52%	83,39%	77,86%	68,53%	
										Std	1,42								
										Weibull 2P	β								1,03
		η	15354,04																
IFS023	01/01/2004	X_X1	90,45%	10,4	69,36%	3	1	Lognormal	Exponential	λ	0,00	17043	5,8700E-05	95,86%	91,90%	88,10%	84,45%	77,61%	
									Lognormal	Mean	8,17	56174	1,26E-05	75,14%	64,95%	58,38%	53,55%	46,67%	
										Std	2,35								
										Weibull 2P	β								0,41
		η	11087,75																
IFS020	01/01/2004	X_X1	94,61%	61,0	75,90%	3	1	Weibull 2P	Exponential	λ	4,87E-05	20549	4,8700E-05	96,56%	93,23%	90,02%	86,92%	81,04%	
									Lognormal	Mean	9,41	23239	4,51E-05	99,36%	97,00%	93,63%	89,81%	81,96%	
										Std	1,14								
										Weibull 2P	β								1,12
		η	21256,21																
IFS028	01/01/2004	X_X1	94,59%	60,8	75,87%	3	1	Weibull 2P	Exponential	λ	5,01E-05	19973	5,0100E-05	96,46%	93,04%	89,75%	86,57%	80,55%	
									Lognormal	Mean	8,37	3489000	1,74E-07	68,86%	61,88%	57,59%	54,49%	50,07%	
										Std	3,65								
										Weibull 2P	β								0,45
		η	15403,75																
IFS018	01/01/2004	X_X1	93,07%	76,9	75,77%	3	1	Weibull 2P	Exponential	λ	4,89E-05	20438	4,8900E-05	96,54%	93,20%	89,97%	86,86%	80,95%	
									Lognormal	Mean	9,24	27255	3,53E-05	97,23%	92,18%	87,00%	82,11%	73,50%	
										Std	1,39								
										Weibull 2P	β								0,92
		η	19903,06																
IFS015	01/01/2004	X_X1	99,99%	0,1	76,00%	3	1	Lognormal	Exponential	λ	4,56E-05	21930	4,5600E-05	96,77%	93,64%	90,62%	87,69%	82,12%	
									Lognormal	Mean	9,72	16298	3,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
										Std	0,16								
										Weibull 2P	β								
		η	17785,91																
IFS014	01/01/2004	X_X1	99,49%	3,0	75,75%	2	1	Lognormal	Exponential	λ	3,16E-05	31629	3,1600E-05	97,75%	95,55%	93,40%	91,30%	87,23%	
									Lognormal	Mean	9,90	34330	3,24E-05	99,93%	99,40%	98,33%	96,79%	92,81%	
										Std	1,04								
										Weibull 2P	β								1,02
		η	31528,22																
IFS016	01/01/2004	X_X1	91,99%	59,7	63,35%	2	1	Lognormal	Exponential	λ	3,88E-05	25774	3,8800E-05	97,25%	94,57%	91,96%	89,43%	84,57%	
									Lognormal	Mean	9,75	25157	4,95E-05	99,98%	99,75%	99,05%	97,83%	94,06%	
										Std	0,88								
										Weibull 2P	β								1,25
		η	24733,51																
IFS006	01/01/2004	X_X1	93,87%	104,5	75,91%	2	1	Weibull 2P	Exponential	λ	3,23E-05	30981	3,2300E-05	97,70%	95,46%	93,27%	91,12%	86,98%	
									Lognormal	Mean	9,72	30578	4,50E-05	99,83%	99,47%	98,97%	98,35%	96,80%	
										Std	0,16								
										Weibull 2P	β								34205,24

IFS007	01/01/2004	X_X1	75,15%	423,6	75,55%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,71E-05	26923	3,7100E-05	97,36%	94,79%	92,29%	89,86%	85,18%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	0,69	29570	2,77E-05	91,22%	86,23%	82,21%	78,75%	72,91%
									n	23005,05								
IFS017	01/01/2004	X_X1	99,99%	0,3	76,00%	1	1	-	Exponencial	λ	1,58E-05	63346	1,58E-05	98,87%	97,75%	96,65%	95,56%	93,41%

H6: Ventilador Pulmonar (UTI Cardiológica)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
69	20/09/2005	L	96,2%	10,26	65,69%	9	1	Weibull 2P	Exponential	λ 2,33E-04	4289	2,3300E-04	84,55%	71,48%	60,44%	51,10%	36,53%	
									Lognormal	Mean 7,66	5482	2,00E-04	78,51%	61,23%	49,61%	41,33%	30,36%	
									Weibull 2P	β 0,86	4330	2,00E-04	79,48%	65,96%	55,48%	47,04%	34,38%	
										η 4002,25								
70	24/11/2005	L	99,3%	2,25	67,74%	7	1	Lognormal	Exponential	λ 2,00E-04	5717	2,0000E-04	88,17%	77,73%	68,54%	60,43%	46,97%	
									Lognormal	Mean 8,14	6771	2,00E-04	90,82%	76,96%	65,21%	55,77%	42,03%	
									Weibull 2P	β 1,17								
										η 1,03	5688	2,00E-04	89,00%	78,78%	69,59%	61,38%	47,61%	
										λ 5764,68								
53	15/03/2001	A_A3	99,7%	1,56	64,81%	7	2	Lognormal	Exponential	λ 1,08E-04	9286	1,0800E-04	92,54%	85,64%	79,25%	73,33%	62,80%	
									Lognormal	Mean 7,87	34948	2,06E-05	71,41%	60,29%	53,31%	48,27%	41,24%	
									Weibull 2P	β 2,28								
										η 0,51	13139	5,44E-05	73,04%	63,87%	57,58%	52,74%	45,49%	
										λ 6880,00								
47	05/01/2000	A_A3	98,6%	9,30	59,38%	6	2	Weibull 2P	Exponential	λ 9,21E-05	10854	9,2100E-05	93,58%	87,58%	81,96%	76,70%	67,17%	
									Lognormal	Mean 7,53	1945000	3,11E-07	60,05%	52,74%	48,40%	45,34%	41,06%	
									Weibull 2P	β 3,73								
										η 0,37	29009	2,17E-05	64,96%	57,25%	52,30%	48,63%	43,26%	
										λ 6963,40								
49	05/01/2000	A_A3	98,8%	7,50	59,22%	6	2	Lognormal	Exponential	λ 9,23E-05	10838	9,2300E-05	93,57%	87,56%	81,93%	76,67%	67,13%	
									Lognormal	Mean 8,43	13392	6,71E-05	89,78%	78,66%	69,75%	62,57%	51,72%	
									Weibull 2P	β 1,46								
										η 0,66	12727	6,31E-05	83,37%	75,01%	68,66%	63,46%	55,18%	
										λ 9487,20								
51	06/07/2000	A_A3	96,4%	21,80	63,12%	6	2	Lognormal	Exponential	λ 9,23E-05	10834	9,2300E-05	93,57%	87,55%	81,92%	76,66%	67,12%	
									Lognormal	Mean 8,48	10306	9,65E-05	93,81%	83,58%	74,18%	66,12%	53,48%	
									Weibull 2P	β 1,23								
										η 0,70	12066	6,84E-05	84,90%	76,65%	70,23%	64,91%	56,32%	
										λ 9538,22								
56	01/08/2001	A_A3	99,8%	1,82	66,99%	4	2	Lognormal	Exponential	λ 6,15E-05	16273	6,1500E-05	95,67%	91,53%	87,57%	83,78%	76,68%	
									Lognormal	Mean 8,77	31660	2,55E-05	88,94%	79,83%	72,86%	67,28%	58,74%	
									Weibull 2P	β 1,79								
										η 0,59	22609	3,37E-05	84,63%	77,75%	72,62%	68,42%	61,73%	
										λ 14780,43								
77	27/03/2007	L	50,0%	623,41	31,47%	2	1	Weibull 2P	Exponential	λ 1,33E-04	7509	1,3300E-04	90,86%	82,55%	75,00%	68,14%	56,25%	
									Lognormal	Mean 8,57	5601	5,00E-04	100,00%	99,99%	99,54%	96,15%	92,11%	
									Weibull 2P	β 0,34								
										η 4,29	5368	5,37E+03	99,99%	99,77%	98,67%	95,50%	76,90%	
										λ 5897,87								
68	20/05/2005	A_A4	99,9%	1,16	62,56%	2	1	Weibull 2P	Exponential	λ 5,00E-05	19983	5,0000E-05	96,46%	93,05%	89,75%	86,58%	80,56%	
									Lognormal	Mean 7,69	2547300	2,10E-15	56,19%	52,34%	50,08%	48,47%	46,21%	
									Weibull 2P	β 7,14								
										η 0,21	2090900	2,51E-07	60,84%	56,39%	53,65%	51,66%	48,78%	
										λ 21706,17								
48	05/01/2000	A_A3	99,9%	1,56	58,60%	2	1	Lognormal	Exponential	λ 3,07E-05	59141	3,0700E-05	97,81%	95,67%	93,57%	91,53%	87,56%	
									Lognormal	Mean 9,78	59141	1,47E-05	98,05%	94,71%	91,24%	87,91%	81,84%	
									Weibull 2P	β 1,55								
										η 0,69	47731	1,72E-05	93,59%	89,87%	86,83%	84,19%	79,65%	
										λ 37104,10								

52	06/07/2000	A, A3	100,0%	0,21	60,96%	1	2	-	Exponential	λ	1,54E-05	65078	1,5400E-05	98,90%	97,81%	96,74%	95,67%	93,58%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	1,02701197	62905	1,61E-05	99,00%	97,98%	96,95%	95,92%	93,88%
46	05/01/2000	A, A3	99,9%	1,73	58,59%	1	2	-	Exponential	λ	1,54E-05	65035	1,5400E-05	98,90%	97,81%	96,73%	95,67%	93,57%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	0,78001032 79375,1994	91623	9,52E-06	97,48%	95,71%	94,16%	92,75%	90,19%

55	14/03/2001	A A2	99,7%	4,5	64,82%	2	2	Lognormal	Exponencial	λ	3,04E-05	32897	3,04E-05	97,84%	95,72%	93,65%	91,62%	87,69%
									Lognormal	Mean	9,88	34076	3,22E-05	99,91%	99,31%	98,11%	96,45%	92,26%
										Std	1,06							
									Weibull 2P	β	0,99	33110	3,00E-05	97,77%	95,61%	93,51%	91,46%	87,51%
										η	32981,60							
63	20/05/2004	A A2	99,0%	14,2	62,49%	1	2	-	Exponencial	λ	2,22E-05	45034	2,22E-05	98,41%	96,85%	95,32%	93,80%	90,85%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	1,47	32433	3,91E-05	99,68%	99,11%	98,39%	97,55%	95,61%
										η	35826,29							
10040	05/09/2011	B B1	94,3%	20,1	60,42%	1	1	-	Exponencial	λ	1,21E-04	8276	1,21E-04	91,67%	84,03%	77,03%	70,61%	59,33%
96	15/09/2009	B B2	99,9%	1,3	84,60%	1	1	-	Exponencial	λ	4,55E-05	22002	4,55E-05	96,78%	93,66%	90,65%	87,73%	82,17%

H6: Ventilador Pulmonar (UTI Central)

Teste Aderência																		
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTRR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
84	14/07/2008	I	94,2%	9,5	86,98%	8	1	Lognormal	Exponencial	λ	2,66E-04	3750	3,00E-04	82,56%	68,16%	56,28%	31,67%	
									Lognormal	Mean	7,70	4029	3,00E-04	84,61%	65,11%	50,75%	40,39%	27,01%
										Std	1,10							
									Weibull 2P	β	0,99	3761	3,00E-04	82,31%	67,90%	56,05%	46,30%	31,62%
η	3747,86																	
64	16/08/2004	A_A4	93,8%	20,3	67,47%	6	2	Lognormal	Exponencial	λ	2,61E-04	3836	2,61E-04	82,89%	68,70%	56,94%	47,20%	32,42%
									Lognormal	Mean	7,45	6834	1,00E-04	69,93%	54,20%	44,49%	37,77%	28,93%
										Std	1,66							
									Weibull 2P	β	0,65	4898	2,00E-04	70,10%	57,33%	48,53%	41,85%	32,23%
η	3565,58																	
67	20/05/2005	A_A4	94,4%	22,3	65,88%	5	2	Lognormal	Exponencial	λ	1,25E-04	8001	1,25E-04	91,39%	83,53%	76,34%	69,77%	58,28%
									Lognormal	Mean	8,38	9798	9,98E-05	92,25%	80,95%	71,11%	62,93%	50,42%
										Std	1,27							
									Weibull 2P	β	0,84	8666	1,00E-04	87,50%	78,73%	71,45%	65,18%	54,78%
η	7906,80																	
68	20/05/2005	A_A4	96,0%	17,5	65,13%	5	2	Lognormal	Exponencial	λ	1,25E-04	8002	1,25E-04	91,40%	83,53%	76,34%	69,78%	58,28%
									Lognormal	Mean	8,43	8982	1,00E-04	94,49%	84,12%	74,21%	65,60%	52,06%
										Std	1,16							
									Weibull 2P	β	0,90	8249	1,00E-04	89,10%	80,58%	73,24%	66,77%	55,84%
η	7855,68																	
94	15/09/2009	B_B2	94,2%	11,6	60,85%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,33E-04	0,0003	3,33E-04	78,66%	61,88%	48,68%	38,29%	23,70%
									Lognormal	Mean	7,47	5004	2,00E-04	72,92%	55,28%	44,17%	36,51%	26,62%
										Std	1,45							
									Weibull 2P	β	1,08	1,08	2,00E-04	80,98%	64,01%	50,10%	38,95%	23,20%
η	3040,83																	
83	16/06/2008	A_A4	91,7%	27,1	87,27%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,33E-04	0,0001	1,33E-04	90,85%	82,53%	74,98%	68,11%	56,21%
									Lognormal	Mean	8,47	7605	2,00E-04	97,46%	89,20%	79,33%	69,86%	54,03%
										Std	0,97							
									Weibull 2P	β	1,13	7336	1,00E-04	93,29%	85,92%	78,69%	71,78%	59,22%
η	7663,30																	
99	13/11/2009	B_B2	82,7%	49,3	71,20%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,00E-04	5001	2,00E-04	86,59%	74,98%	64,93%	56,22%	42,16%
									Lognormal	Mean	8,07	6393	2,00E-04	89,70%	75,06%	63,01%	53,50%	39,89%
										Std	1,18							
									Weibull 2P	β	1,19	4762	2,00E-04	90,58%	79,82%	69,43%	59,85%	43,56%
η	5048,92																	
85	14/07/2008	I	88,4%	44,4	45,30%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	2,00E-04	5000	2,00E-04	86,59%	74,98%	64,92%	56,21%	42,15%
									Lognormal	Mean	7,74	9140	9,15E-05	75,63%	60,95%	51,37%	44,49%	35,12%
										Std	1,66							
									Weibull 2P	β	0,72	5795	1,00E-04	77,23%	65,31%	56,52%	49,56%	39,05%
η	4704,47																	

90	15/07/2009	I	99,4%	2,2	73,08%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,50E-04	6675	1,50E-04	89,77%	80,60%	72,35%	64,96%	52,35%
									Lognormal	Mean	8,73	6570	4,00E-04	100,00%	100,00%	99,90%	98,76%	85,46%
										Std	0,34							
									Weibull 2P	β	2,92	6624	3,00E-04	99,89%	99,18%	97,33%	93,92%	81,45%
										η	7425,88							
92	15/07/2009	B_B2	94,9%	13,2	48,91%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,30E-04	4352	2,30E-04	84,75%	71,83%	60,88%	51,59%	37,06%
									Lognormal	Mean	8,05	4520	3,00E-04	95,56%	81,51%	66,50%	53,68%	35,26%
										Std	0,86							
									Weibull 2P	β	1,71	3731	4,00E-04	95,14%	85,02%	72,32%	58,91%	34,77%
										η	4182,91							
97	13/11/2009	B_B2	99,7%	0,6	61,00%	2	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,33E-04	0,0001	1,33E-04	90,86%	82,55%	75,00%	68,15%	56,25%
									Lognormal	Mean	8,51E+00	7715	2,00E-04	97,94%	90,45%	81,00%	71,66%	55,69%
										Std	9,43E-01							
									Weibull 2P	β	1,2055398	6822	2,00E-04	94,02%	86,74%	79,30%	72,04%	58,58%
										η	7260,61087							
89	17/03/2009	I	97,9%	9,4	66,77%	2	1	Exponencial	Exponencial	λ	1,00E-04	10001	1,00E-04	93,05%	86,59%	80,57%	74,98%	64,92%
									Lognormal	Mean	8,70E+00	18649	4,74E-05	92,08%	82,90%	75,19%	68,77%	58,70%
										Std	1,50E+00							
									Weibull 2P	β	0,97761164	10117	9,76E-05	92,66%	86,06%	80,00%	74,41%	64,44%
										η	10018,2986							
66	10/09/2004	A_A4	97,9%	18,2	65,53%	1	2	Lognormal	Exponencial	λ	4,44E-05	22517	4,44E-05	96,85%	93,81%	90,85%	87,99%	82,54%
									Lognormal	Mean	9,59E+00	170540	4,27E-06	91,26%	85,19%	80,56%	76,79%	70,85%
										Std	2,22E+00							
									Weibull 2P	β	0,61426173	41672	1,86E-05	90,09%	85,24%	81,48%	78,31%	73,08%
										η	28537,7268							
95	15/09/2009	B_B2	98,8%	5,1	58,16%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,33E-04	0,0001	1,33E-04	90,88%	82,60%	75,06%	68,22%	56,35%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	8,92991676	5693	1,00E-03	100,00%	100,00%	99,99%	99,86%	94,92%
										η	6014,31371							
98	13/11/2009	B_B2	99,7%	2,3	61,06%	1	1	-	Exponencial	λ	6,67E-05	15000	6,67E-05	95,31%	90,85%	86,59%	82,53%	74,98%
91	15/07/2009	I	99,9%	1,0	54,54%	1	1	-	Exponencial	λ	6,65E-05	15045	6,65E-05	95,33%	90,87%	86,63%	82,58%	75,04%

H6: Bombas de Infusão de Seringa (UTI Pediátrica)

								Teste Aderência										
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros (90%)	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
412	05/07/2006	Y_Y1	97,74%	6,638	73,30%	6	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,54E-04	6506,8	1,54E-04	89,52%	80,15%	71,75%	64,24%	51,48%
									Lognormal	Mean	8,22	8950,9	0,0001	89,20%	76,26%	65,87%	57,61%	45,47%
										Std	1,33							
									Weibull 2P	β	0,96	6564,6	1,00E-04	88,57%	78,95%	70,53%	63,11%	50,67%
									η	6451,98								
417	05/07/2006	Y_Y1	99,68%	1,208	74,76%	4	1	Lognormal	Exponencial	λ	9,89E-05	10111,0	9,89E-05	93,13%	86,73%	80,77%	75,21%	65,23%
									Lognormal	Mean	8,91	9533,5	2,00E-04	99,95%	98,91%	95,78%	90,69%	77,44%
										Std	0,71							
									Weibull 2P	β	1,59	9084,8	1,00E-04	98,52%	95,60%	91,79%	87,34%	77,26%
										η	10127,08							
488	18/06/2007	Y_Y1	99,18%	6,521	74,39%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,92E-05	16886,0	5,92E-05	95,83%	91,83%	87,99%	84,32%	77,43%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	2,26	14736	1,00E-04	99,92%	99,60%	99,01%	98,11%	95,34%
										η	16636,34							
550	06/01/2009	Y_Y1	99,34%	1,356	74,51%	4	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,14E-04	4672,4551	2,14E-04	85,72%	73,48%	62,98%	53,99%	39,67%
									Lognormal	Mean	7,82	10375	7,99E-05	76,77%	62,61%	53,27%	46,49%	37,15%
										Std	1,69							
									Weibull 2P	β	0,83	5073,851	2,00E-04	80,66%	68,25%	58,58%	50,71%	38,65%
										η	4592,35							
549	06/01/2009	Y_Y1	99,818%	0,704	74,86%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,25E-04	8028,2806	1,25E-04	91,42%	83,58%	76,41%	69,86%	58,39%
									Lognormal	Mean	8,62	7511,1296	2,00E-04	99,54%	95,72%	88,51%	79,77%	62,38%
										Std	0,78							
									Weibull 2P	β	1,40	7593,5848	2,00E-04	96,79%	91,76%	85,93%	79,72%	67,07%
										η	8329,33							
492	18/06/2007	Y_Y1	99,81%	1,548	74,86%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,83E-05	17143	5,83E-05	95,89%	91,94%	88,16%	84,54%	77,72%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	2,13	15166	1,00E-04	99,88%	99,49%	98,80%	97,80%	94,84%
										η	17125,21							
491	18/06/2007	Y_Y1	94,73%	42,272	71,05%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	6,31E-05	15849	6,31E-05	95,56%	91,31%	87,26%	83,38%	76,14%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	2,61	13621	1,00E-04	99,97%	99,79%	99,40%	98,73%	96,38%
										η	15334,21							

490	18/06/2007	Y Y1	93,81%	35,499	70,35%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	9,85E-05	10156	9,85E-05	93,16%	86,78%	80,84%	75,31%	65,35%
									Lognormal	Mean	8,96	9800	2,00E-04	99,97%	99,31%	96,91%	92,61%	80,36%
										Std	0,68							
									Weibull 2P	β	2,24	9234	2,00E-04	99,75%	98,81%	97,08%	94,52%	86,98%
										η	10425,20							
489	18/06/2007	Y Y1	82,75%	153,779	62,06%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	7,90E-05	12665	7,90E-05	94,47%	89,25%	84,32%	79,66%	71,10%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	3,13	11747	2,00E-04	99,99%	99,90%	99,65%	99,14%	96,98%
										η	13129,07							
630	06/05/2010	Y Y1	99,589%	3,226	74,69%	1	1	-	Exponencial	λ	6,53E-05	15323	6,53E-05	95,41%	91,03%	86,85%	82,87%	75,43%
632	06/05/2010	Y Y1	96,93%	24,226	72,70%	1	1	-	Exponencial	λ	6,87E-05	14547	6,87E-05	95,17%	90,58%	86,20%	82,04%	74,31%
636	06/05/2010	Y Y1	99,619%	3,006	74,71%	1	1	-	Exponencial	λ	6,52E-05	15331	6,52E-05	95,41%	91,04%	86,86%	82,87%	75,44%
13999	31/03/2012	Y Y1	99,42%	0,585	74,57%	1	1	-	Exponencial	λ	3,45E-04	2896,8868	3,45E-04	77,99%	60,83%	47,44%	37,00%	22,51%
13401	31/03/2012	Y Y1	99,956%	0,041	74,97%	1	1	-	Exponencial	λ	3,41E-04	2931,8679	3,41E-04	78,23%	61,19%	47,87%	37,44%	22,91%
411	09/01/2006	Y Y1	99,99%	0,292	74,99%	1	1	-	Exponencial	λ	2,25E-05	44377	2,25E-05	99,31%	98,63%	97,95%	97,27%	95,93%
547	06/01/2009	Y Y1	99,22%	7,107	74,41%	1	1	-	Exponencial	λ	4,19E-05	23858	4,19E-05	97,03%	94,14%	91,34%	88,63%	83,44%

H6: Bombas de Infusão de Seringa (UTI Pediátria)

									Teste Aderência									
EMA	D_Inst	Marca/Mod	Disponibilidade	MTTR (dias)	Taxa_Uso	N_Falhas	N_Susp.	1 Lugar	f.d.p	Parâmetros	MTBF	Taxa de Falha	R(t) [720h]	R(t) [1440h]	R(t) [2160h]	R(t) [2880h]	R(t) [4320h]	
336	30/07/2004	Z_Z1	95,78%	12,76	71,83%	8	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,62E-04	6178	1,62E-04	89,00%	79,21%	70,50%	62,74%	49,70%
									Lognormal	Mean Std	7,83 1,75	11600	7,02E-05	76,20%	62,42%	53,39%	46,84%	37,79%
									Weibull 2P	β η	0,71 5368,53	6699	1,00E-04	78,68%	67,54%	59,24%	52,61%	42,45%
496	13/08/2007	Z_Z1	95,44%	11,69	71,58%	7	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	2,30E-04	4352	2,30E-04	84,75%	71,83%	60,87%	51,59%	37,06%
									Lognormal	Mean Std	7,07 2,04	9410	8,03E-05	59,57%	46,10%	38,33%	33,07%	26,21%
									Weibull 2P	β η	0,59 3039,29	4706	2,00E-04	65,10%	52,47%	44,12%	37,95%	29,25%
315	30/07/2004	Z_Z1	98,22%	7,09	73,66%	6	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,16E-04	8608	1,16E-04	91,98%	84,60%	77,81%	71,56%	60,54%
									Lognormal	Mean Std	8,17 1,80	17829	4,51E-05	81,23%	69,18%	60,85%	54,59%	45,61%
									Weibull 2P	β η	0,71 7646,02	9598	8,64E-05	82,82%	73,52%	66,39%	60,54%	51,26%
522	13/08/2007	Z_Z1	96,30%	10,35	72,22%	5	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,60E-04	6251	1,60E-04	89,12%	79,43%	70,78%	63,08%	50,10%
									Lognormal	Mean Std	8,20 1,39	9575	9,68E-05	87,94%	74,93%	64,80%	56,85%	45,24%
									Weibull 2P	β η	1,01 6256,09	6240	2,00E-04	89,26%	79,60%	70,96%	63,24%	50,21%
528	15/08/2007	Z_Z1	95,49%	15,56	71,61%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,64E-04	6109	1,64E-04	88,88%	79,00%	70,22%	62,41%	49,31%
									Lognormal	Mean Std	7,82 1,52	7813	1,00E-04	79,28%	64,00%	53,62%	46,06%	35,70%
									Weibull 2P	β η	0,73 5191,03	6340	1,00E-04	78,87%	67,49%	58,97%	52,14%	41,69%
544	13/08/2007	Z_Z1	95,23%	16,71	71,42%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ	1,65E-04	6073	1,65E-04	88,82%	78,89%	70,07%	62,24%	49,10%
									Lognormal	Mean Std	8,35 0,80	5842	2,00E-04	98,64%	91,07%	79,94%	68,47%	49,01%
									Weibull 2P	β η	1,31 6475,25	5968	2,00E-04	94,57%	87,04%	78,95%	70,83%	55,57%
327	30/07/2004	Z_Z1	96,92%	11,13	72,69%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ	9,88E-05	10120	9,88E-05	93,13%	86,74%	80,78%	75,23%	65,25%
									Lognormal	Mean Std	7,73 2,48	49232	1,41E-05	67,93%	57,38%	50,90%	46,27%	39,85%
									Weibull 2P	β η	0,46 6881,56	15980	4,29E-05	70,39%	61,62%	55,75%	51,29%	44,67%
338	30/07/2004	Z_Z1	97,65%	12,73	73,24%	5	1	Lognormal	Exponencial	λ	9,81E-05	10196	9,81E-05	93,18%	86,83%	80,91%	75,39%	65,46%
									Lognormal	Mean Std	8,59 1,14	10228	1,00E-04	96,13%	87,63%	78,81%	70,77%	57,53%
									Weibull 2P	β η	0,89 9724,97	10292	9,10E-05	90,63%	83,32%	76,96%	71,30%	61,54%

340	30/07/2004	Z Z1	95,98%	26,13	71,98%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	6,87E-05	14556	6,87E-05	95,17%	90,58%	86,21%	82,05%	74,32%
									Lognormal	Mean	8,93	23627	2,36E+04	94,04%	86,41%	79,69%	73,89%	64,48%
									Std	1,51								
									Weibull 2P	β	0,79	16289	5,40E-05	91,04%	85,00%	79,93%	75,48%	67,85%
									η	14275,14								
507	13/08/2007	Z Z1	94,17%	35,18	70,63%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	1,01E-04	9885	1,01E-04	92,98%	86,44%	80,37%	74,73%	64,60%
									Lognormal	Mean	9,12	9676	3,00E-04	100,00%	100,00%	99,96%	98,53%	
									Std	0,34								
									Weibull 2P	β	4,04	9694	9,69E+03	100,00%	99,97%	99,84%	99,50%	97,45%
									η	10689,64								
499	13/08/2007	Z Z1	97,20%	17,16	72,90%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	9,51E-05	10519	9,51E-05	93,38%	87,21%	81,44%	76,05%	66,32%
									Lognormal	Mean	9,00	10327	1,00E-04	99,97%	99,32%	97,03%	92,99%	81,47%
									Std	0,70								
									Weibull 2P	β	1,48	10551	1,00E-04	98,37%	95,54%	92,04%	88,08%	79,39%
									η	11664,22								
299	30/07/2004	Z Z1	95,08%	49,13	71,31%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	6,12E-05	16341	6,12E-05	95,69%	91,57%	87,62%	83,84%	76,77%
									Lognormal	Mean	9,40	15841	8,98E-05	99,99%	99,81%	99,05%	97,46%	91,94%
									Std	0,73								
									Weibull 2P	β	1,65	15651	8,78E-05	99,49%	98,41%	96,91%	95,07%	90,58%
									η	17505,94								
309	30/07/2004	Z Z1	98,20%	11,13	73,65%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,84E-05	17128	5,84E-05	95,88%	91,94%	88,15%	84,52%	77,71%
									Lognormal	Mean	8,64	1412900	4,46E-07	73,29%	66,01%	61,43%	58,08%	53,26%
									Std	3,32								
									Weibull 2P	β	0,47	38341	1,79E-05	79,31%	72,61%	67,94%	64,28%	58,64%
									η	16648,07								
311	30/07/2004	Z Z1	98,97%	8,11	74,22%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	5,77E-05	17341	5,77E-05	95,93%	92,03%	88,29%	84,70%	77,95%
									Lognormal	Mean	9,36	19009	6,04E-05	99,75%	98,24%	95,53%	92,04%	84,11%
									Std	0,99								
									Weibull 2P	β	1,32	16145	7,34E-05	98,54%	96,40%	93,92%	91,23%	85,49%
									η	17539,29								
312	30/07/2004	Z Z1	98,58%	13,06	73,94%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,77E-05	17322	5,77E-05	95,93%	92,02%	88,28%	84,68%	77,93%
									Lognormal	Mean	9,03	25438	3,49E-05	95,01%	88,11%	81,82%	76,29%	67,14%
									Std	1,49								
									Weibull 2P	β	0,85	17918	5,10E-05	93,29%	88,21%	83,77%	79,75%	72,64%
									η	16488,03								
325	30/07/2004	Z Z1	98,88%	6,13	74,16%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,78E-05	17298	5,78E-05	95,92%	92,01%	88,26%	84,66%	77,90%
									Lognormal	Mean	9,26	21238	4,80E-05	98,80%	95,28%	90,85%	86,19%	77,26%
									Std	1,19								
									Weibull 2P	β	0,99	17382	5,71E-05	95,77%	91,79%	87,99%	84,37%	77,58%
									η	17295,38								
321	30/07/2004	Z Z1	98,05%	17,34	73,54%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,84E-05	17132	5,84E-05	95,88%	91,94%	88,15%	84,53%	77,71%
									Lognormal	Mean	9,46	16339	9,11E-05	100,00%	99,92%	99,50%	98,47%	94,25%
									Std	0,69								
									Weibull 2P	β	1,87	15877	9,45E-05	99,76%	99,12%	98,12%	96,79%	93,27%
									η	17884,32								

495	13/08/2007	Z_Z1	97,09%	20,28	72,82%	2	1	Exponencial	Exponencial	λ	6,31E-05	15855	6,31E-05	95,56%	91,32%	87,26%	83,39%	76,15%
									Lognormal	Mean	9,19	23738	4,00E-05	97,48%	92,46%	87,13%	82,03%	72,99%
										Std	1,33							
									Weibull 2P	β	1,08	15334	6,83E-05	96,51%	92,76%	89,01%	85,31%	78,17%
										η	15797,47							
324	30/07/2004	Z_Z1	99,09%	10,56	74,32%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,83E-05	26108	3,83E-05	97,28%	94,63%	92,06%	89,56%	84,75%
									Lognormal	Mean	9,75	28767	3,92E-05	99,91%	99,25%	97,91%	96,02%	91,22%
										Std	1,02							
									Weibull 2P	β	1,35	23757	2,38E+04	99,20%	97,98%	96,54%	94,94%	91,43%
										η	25896,47							
332	30/07/2004	Z_Z1	98,55%	15,13	73,91%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,82E-05	26185	3,82E-05	97,29%	94,65%	92,08%	89,58%	84,79%
									Lognormal	Mean	9,80	26348	4,78E-05	99,99%	99,82%	99,28%	98,28%	95,03%
										Std	0,87							
									Weibull 2P	β	1,65	22163	6,20E-05	99,71%	99,10%	98,24%	97,19%	94,58%
										η	24788,35							
314	30/07/2004	Z_Z1	98,75%	12,63	74,06%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,84E-05	26054	3,84E-05	97,27%	94,62%	92,04%	89,53%	84,72%
									Lognormal	Mean	9,76	32177	3,30E-05	99,78%	98,70%	96,87%	94,57%	89,27%
										Std	1,12							
									Weibull 2P	β	1,32	23284	5,07E-05	99,08%	97,72%	96,14%	94,41%	90,67%
										η	25268,33							
590	13/08/2007	Z_Z1	97,64%	16,69	73,23%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	6,25E-05	16008	6,25E-05	95,60%	91,40%	87,38%	83,53%	76,35%
									Lognormal	Mean	9,27	17553	6,50E-05	99,64%	97,71%	94,43%	90,40%	81,59%
										Std	1,00							
									Weibull 2P	β	1,39	14361	8,52E-05	98,64%	96,47%	93,87%	91,00%	84,73%
										η	15739,12							
313	30/07/2004	Z_Z1	99,56%	6,09	74,67%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,78E-05	26449	3,78E-05	97,31%	94,70%	92,16%	89,68%	84,93%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	12,23	24712	3,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
										η	25768,98							
308	30/07/2004	Z_Z1	98,04%	28,26	73,53%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	3,90E-05	25652	3,90E-05	97,23%	94,54%	91,92%	89,38%	84,50%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	1,33	25228	4,71E-05	99,21%	98,03%	96,64%	95,11%	91,77%
										η	27430,65							
510	13/08/2007	Z_Z1	95,73%	38,16	71,80%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,99E-05	16685	5,99E-05	95,41%	91,03%	86,85%	82,87%	75,43%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	1,53	16553	7,86E-05	99,29%	97,97%	96,26%	94,25%	89,60%
										η	18372,93							
600	13/08/2007	Z_Z1	99,97%	0,28	74,98%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	5,99E-05	16685	5,99E-05	95,78%	91,73%	87,86%	84,15%	77,19%
									Lognormal	Mean		Rejeitada						
										Std								
									Weibull 2P	β	1,53	16553	9,93E-01	99,29%	97,97%	96,26%	94,25%	89,60%
										η	18372,93							

317	30/07/2004	lifemed_LF200	99,99%	0,13	74,99%	1	1	-	Exponencial	λ	1,89E-05	52810	1,89E-05	98,65%	97,31%	95,99%	94,69%	92,15%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	21,55	26819	5,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
η	27499,63																	
511	13/08/2007	Z_Z1	98,56%	8,13	73,92%	1	1	-	Exponencial	λ	3,05E-05	32764	3,05E-05	97,83%	95,70%	93,62%	91,59%	87,65%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	1,51	24311	5,32E-05	99,58%	98,82%	97,83%	96,67%	93,93%
η	26957,92																	
497	13/08/2007	lifemed_LF200	94,08%	25,13	70,56%	1	1	-	Exponencial	λ	3,23E-05	30987	3,23E-05	97,70%	95,46%	93,27%	91,12%	86,99%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	1,00	30955	3,23E-05	97,71%	95,47%	93,28%	91,14%	87,01%
η	30969,14																	
425	22/08/2006	Z_Z1	99,61%	3,13	74,71%	1	1	-	Exponencial	λ	2,53E-05	39587	2,53E-05	98,20%	96,43%	94,69%	92,98%	89,66%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	2,24	25004	6,82E-05	99,97%	99,87%	99,68%	99,40%	98,51%
η	28230,66																	
328	30/07/2004	Z_Z1	99,14%	11,13	74,36%	1	1	-	Exponencial	λ	1,90E-05	52695	1,90E-05	98,64%	97,30%	95,98%	94,68%	92,13%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	4,88	28716	1,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,99%
η	31320,45																	
521	13/08/2007	Z_Z1	99,85%	1,13	74,89%	1	1	-	Exponencial	λ	3,00E-05	33319	3,00E-05	97,86%	95,77%	93,72%	91,72%	87,84%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	3,18	19313	1,00E-04	100,00%	99,98%	99,93%	99,83%	99,40%
η	21569,67																	
305	30/07/2004	Z_Z1	99,05%	22,05	74,29%	1	1	-	Exponencial	λ	1,91E-05	52465	1,91E-05	98,64%	97,29%	95,97%	94,66%	92,10%
310	30/07/2004	Z_Z1	98,98%	24,06	74,24%	1	1	-	Exponencial	λ	1,91E-05	52381	1,91E-05	98,63%	97,29%	95,96%	94,65%	92,08%
505	13/08/2007	Z_Z1	98,87%	20,00	74,15%	1	1	-	Exponencial	λ	3,38E-05	29591	3,38E-05	97,60%	95,25%	92,96%	90,73%	86,42%
506	13/08/2007	Z_Z1	98,70%	23,25	74,02%	1	1	-	Exponencial	λ	3,07E-05	32539	3,07E-05	97,81%	95,67%	93,58%	91,53%	87,57%
302	30/07/2004	Z_Z1	99,94%	1,13	74,95%	1	1	-	Exponencial	λ	1,89E-05	52888	1,89E-05	98,65%	97,31%	96,00%	94,70%	92,16%
337	30/07/2004	Z_Z1	98,14%	40,13	73,61%	1	1	-	Exponencial	λ	1,94E-05	51652	1,94E-05	98,62%	97,25%	95,90%	94,58%	91,98%
518	13/08/2007	Z_Z1	99,18%	8,13	74,38%	1	1	-	Exponencial	λ	3,09E-05	32318	3,09E-05	97,80%	95,64%	93,53%	91,47%	87,49%
412	05/07/2006	Z_Z1	99,99%	0,12	74,99%	1	1	-	Exponencial	λ	2,46E-05	40657	2,46E-05	98,24%	96,52%	94,83%	93,16%	89,92%
488	13/08/2007	Z_Z1	98,81%	19,09	74,11%	1	1	-	Exponencial	λ	2,97E-05	33650	2,97E-05	97,88%	95,81%	93,78%	91,80%	87,95%
330	30/07/2004	Z_Z1	99,43%	15,31	74,57%	1	1	-	Exponencial	λ	1,89E-05	52776	1,89E-05	98,64%	97,31%	95,99%	94,69%	92,14%
410	05/07/2006	Z_Z1	98,62%	28,77	73,97%	1	1	-	Exponencial	λ	2,53E-05	39591	2,53E-05	98,20%	96,43%	94,69%	92,98%	89,66%
502	13/08/2007	Z_Z1	98,67%	21,79	74,00%	1	1	-	Exponencial	λ	3,07E-05	32559	3,07E-05	97,81%	95,67%	93,58%	91,53%	87,57%
503	13/08/2007	Z_Z1	96,94%	44,34	72,71%	1	1	-	Exponencial	λ	3,16E-05	31596	3,16E-05	97,75%	95,54%	93,39%	91,29%	87,22%
512	13/08/2007	Z_Z1	99,95%	0,79	74,97%	1	1	-	Exponencial	λ	3,02E-05	33088	3,02E-05	99,31%	98,63%	97,95%	97,27%	95,93%
527	13/08/2007	Z_Z1	98,18%	31,26	73,64%	1	1	-	Exponencial	λ	3,09E-05	32321	3,09E-05	97,80%	95,64%	93,54%	91,47%	87,49%

520	13/08/2007	Z_Z1	96,58%	54,33	72,44%	1	1	-	Exponencial	λ	3,19E-05	31305	3,19E-05	97,73%	95,50%	93,33%	91,21%	87,11%
513	13/08/2007	Z_Z1	98,07%	24,91	73,55%	1	1	-	Exponencial	λ	3,10E-05	32307	3,10E-05	97,80%	95,64%	93,53%	91,47%	87,48%
320	13/08/2007	Z_Z1	99,04%	22,81	74,28%	1	1	-	Exponencial	λ	1,91E-05	52431	1,91E-05	98,64%	97,29%	95,96%	94,66%	92,09%
307	30/07/2004	Z_Z1	99,74%	4,13	74,81%	1	1	-	Exponencial	λ	1,88E-05	53141	1,88E-05	98,65%	97,33%	96,02%	94,72%	92,19%
319	30/07/2004	Z_Z1	99,77%	4,13	74,83%	1	1	-	Exponencial	λ	1,89E-05	52884	1,89E-05	98,65%	97,31%	96,00%	94,70%	92,16%

365	06/09/2005	Z Z1	97,57%	11,97	73,18%	4	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	9,02E-05	0,0001	9,02E-05	93,71%	87,81%	82,29%	77,11%	67,72%
									Lognormal	Mean	9,05	10365	2,00E-04	100,00%	99,74%	98,45%	95,58%	85,63%
										Std	0,63							
									Weibull 2P	β	2,11	9695	2,00E-04	99,68%	98,63%	96,80%	94,21%	86,90%
										η	10946,64							
371	06/09/2005	Z Z1	96,75%	19,88	72,56%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	6,86E-05	14587	6,86E-05	95,18%	90,60%	86,24%	82,08%	74,37%
									Lognormal	Mean	9,30	13323	1,00E-04	100,00%	99,94%	99,50%	98,30%	92,99%
										Std	0,63							
									Weibull 2P	β	2,33	12085	1,00E-04	99,90%	99,48%	98,66%	97,39%	93,40%
										η	13639,02							
370	30/07/2004	Z Z1	99,22%	6,14	74,41%	3	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	6,65E-05	15035	6,65E-05	95,32%	90,87%	86,62%	82,57%	75,03%
									Lognormal	Mean	9,21	16858	6,63E-05	99,51%	97,14%	93,37%	88,91%	79,51%
										Std	1,02							
									Weibull 2P	β	1,39	14283	8,56E-05	98,62%	96,43%	93,81%	90,91%	84,59%
										η	15650,61							
379	30/07/2004	Z Z1	97,83%	10,88	73,37%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	6,79E-05	14728	6,79E-05	95,23%	90,69%	86,36%	82,24%	74,58%
									Lognormal	Mean	9,13	18694	5,44E-05	98,37%	94,01%	88,79%	83,50%	73,69%
										Std	1,19							
									Weibull 2P	β	1,05	14433	7,13E-05	95,90%	91,69%	87,55%	83,54%	75,92%
										η	14723,11							
329	30/07/2004	Z Z1	96,63%	16,21	72,47%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	5,84E-05	17129	5,84E-05	95,88%	91,94%	88,15%	84,52%	77,71%
									Lognormal	Mean	8,71	67837	1,08E-05	83,42%	74,39%	68,11%	63,30%	56,17%
										Std	2,20							
									Weibull 2P	β	0,53	27303	2,66E-05	82,24%	75,34%	70,36%	66,37%	60,11%
										η	15300,76							
389	06/09/2005	Z Z1	97,47%	11,54	73,10%	3	1	Lognormal	Exponencial	λ	6,77E-05	14773	6,77E-05	95,24%	90,71%	86,40%	82,29%	74,65%
									Lognormal	Mean	9,03	25925	3,41E-05	94,85%	87,89%	81,59%	76,07%	66,97%
										Std	1,50							
									Weibull 2P	β	0,86	15931	5,77E-05	92,83%	87,36%	82,57%	78,25%	70,63%
										η	14751,16							
385	06/09/2005	Z Z1	93,96%	48,21	70,47%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,75E-05	21033	4,75E-05	96,63%	93,38%	90,24%	87,20%	81,43%
									Lognormal	Mean	9,44	47508	1,78E-05	96,07%	90,87%	86,08%	81,79%	74,49%
										Std	1,63							
									Weibull 2P	β	0,90	22374	4,22E-05	95,43%	91,63%	88,15%	84,90%	78,97%
										η	21318,33							
386	06/09/2005	Z Z1	99,06%	9,84	74,30%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,41E-05	22656	4,41E-05	96,87%	93,84%	90,91%	88,06%	82,64%
									Lognormal	Mean	9,17	172950	4,06E-06	85,88%	78,43%	73,18%	69,10%	62,94%
										Std	2,41							
									Weibull 2P	β	0,61	32675	3,59E-06	88,22%	82,62%	78,34%	74,77%	68,95%
										η	22044,79							
387	06/09/2005	Z Z1	98,06%	17,21	73,55%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,50E-05	22210	4,50E-05	96,81%	93,72%	90,73%	87,84%	82,32%
									Lognormal	Mean	9,66	19608	7,85E-05	100,00%	99,98%	99,86%	99,48%	97,45%
										Std	0,66							
									Weibull 2P	β	2,15	17824	9,25E-05	99,92%	99,66%	99,18%	98,48%	96,41%
										η	20126,36							

391	06/09/2005	Z_Z1	98,92%	7,71	74,19%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,45E-05	22662	4,45E-05	96,85%	93,79%	90,83%	87,97%	82,51%
									Lognormal	Mean	9,54	43419	2,03E-05	97,52%	93,37%	89,16%	85,18%	78,09%
										Std	1,51							
									Weibull 2P	β	0,96	23223	4,21E-05	96,41%	93,14%	90,04%	87,08%	81,54%
368	06/09/2005	Z_Z1	98,79%	7,71	74,09%	2	1	Weibull 2P		η	22610,87	22632	4,42E-05	96,87%	93,84%	90,90%	88,05%	82,62%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	0,83	25833	3,48E-05	94,53%	90,51%	86,98%	83,77%	78,07%
									Lognormal	η	23337,96	40278	2,37E-05	99,16%	96,89%	94,03%	90,97%	84,89%
										Mean	9,73							
									Weibull 2P	β	1,12	24772	4,31E-05	98,18%	96,09%	93,92%	91,71%	87,28%
395	06/09/2005	Z_Z1	98,91%	13,69	74,18%	2	1	Weibull 2P		η	25794,80	22552	4,43E-05	96,86%	93,81%	90,87%	88,01%	82,57%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	1,35	22304	5,39E-05	99,14%	97,83%	96,27%	94,55%	90,77%
423	22/08/2006	Z_Z1	98,74%	10,23	74,05%	2	1	Weibull 2P		η	24325,05	19464	5,14E-05	96,37%	92,87%	89,50%	86,25%	80,10%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	5,32	14630	2,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	99,99%	99,90%
372	06/09/2005	Z_Z1	98,40%	15,73	73,80%	2	1	Weibull 2P		η	15877,33	22488	4,45E-05	96,85%	93,80%	90,84%	87,98%	82,52%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	19,36	17246	7,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
373	06/09/2005	Z_Z1	98,03%	23,63	73,52%	2	1	Weibull 2P		η	17729,75	22176	4,51E-05	96,81%	93,71%	90,72%	87,82%	82,30%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	2,21	20997	8,04E-05	99,96%	99,79%	99,50%	99,05%	97,70%
374	06/09/2005	Z_Z1	96,94%	31,99	72,70%	2	1	Weibull 2P		η	23708,63	21895	4,57E-05	96,77%	93,63%	90,61%	87,67%	82,09%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	6,79	17839	2,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
366	06/09/2005	Z_Z1	98,86%	11,15	74,15%	2	1	Weibull 2P		η	19101,16	22587	4,43E-05	99,81%	99,31%	98,55%	97,56%	94,93%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
										Std								
									Weibull 2P	β	1,83	19275	7,66E-05	99,81%	99,31%	98,55%	97,56%	94,93%
										η	21692,19							

359	06/09/2005	Z Z1	97,99%	19,76	73,49%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,47E-05	22383	4,47E-05	96,83%	93,77%	90,80%	87,93%	82,45%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	11,39	17112	4,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
									η	17892,20								
376	06/09/2005	Z Z1	98,97%	12,62	74,23%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,44E-05	22540	4,44E-05	96,86%	93,81%	90,86%	88,01%	82,56%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	4,24	21738	1,00E-04	100,00%	100,00%	100,00%	99,99%	99,93%
									η	23903,24								
368	06/09/2005	Z Z1	98,79%	7,71	74,09%	2	1	Weibull 2P	Exponencial	λ	4,42E-05	22632	4,42E-05	96,87%	93,84%	90,90%	88,05%	82,62%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	0,83	25833	3,48E-05	94,53%	90,51%	86,98%	83,77%	78,07%
									η	23337,96								
384	06/09/2005	Z Z1	99,11%	9,21	74,33%	1	1	-	Exponencial	λ	2,21E-05	45164	2,21E-05	98,42%	96,86%	95,33%	93,82%	90,88%
									Lognormal	Mean	Rejeitada							
									Std									
									Weibull 2P	β	3,25	26074	8,73E-05	100,00%	99,99%	99,98%	99,95%	99,80%
									η	29091,62								
381	06/09/2005	Z Z1	98,52%	19,20833333	73,89%	1	1	-	Exponencial	λ	2,22E-05	45073	2,22E-05	98,42%	96,86%	95,32%	93,81%	90,86%
367	06/09/2005	Z Z1	97,73%	29,21	73,30%	1	1	-	Exponencial	λ	2,24E-05	44573	2,24E-05	98,40%	96,82%	95,27%	93,74%	90,76%
364	06/09/2005	Z Z1	98,89%	17,21	74,17%	1	1	-	Exponencial	λ	2,21E-05	45149	2,21E-05	98,42%	96,86%	95,33%	93,82%	90,88%
509	13/08/2007	Z Z1	99,60%	5,53	74,70%	1	1	-	Exponencial	λ	3,02E-05	33155	3,02E-05	97,85%	95,75%	93,69%	91,68%	87,78%
316	30/07/2004	Z Z1	98,92%	9,71	74,19%	1	1	-	Exponencial	λ	1,94E-05	51652	1,94E-05	98,62%	97,25%	95,90%	94,58%	91,98%
318	30/07/2004	Z Z1	98,89%	30,26	74,17%	1	1	-	Exponencial	λ	1,90E-05	52501	1,90E-05	98,64%	97,29%	95,97%	94,66%	92,10%
360	06/09/2005	Z Z1	98,30%	41,25	73,72%	1	1	-	Exponencial	λ	2,24E-05	44580	2,24E-05	98,40%	96,82%	95,27%	93,74%	90,76%
361	06/09/2005	Z Z1	98,84%	24,02	74,13%	1	1	-	Exponencial	λ	2,22E-05	45132	2,22E-05	98,42%	96,86%	95,33%	93,82%	90,87%
375	06/09/2005	Z Z1	97,99%	37,21	73,49%	1	1	-	Exponencial	λ	2,25E-05	44511	2,25E-05	98,40%	96,82%	95,26%	93,73%	90,75%
378	06/09/2005	Z Z1	100,00%	0,08	75,00%	1	1	-	Exponencial	λ	2,18E-05	45947	2,18E-05	98,45%	96,91%	95,41%	93,92%	91,03%